

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ ДЛЯ СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

В.А. ВОЛКОВ
С.М. ЧУДИНОВ

«НИИВК им. М.А. Карцева»,
ОАО «НИИ СуперЭВМ»,
Россия, г. Москва

e-mail:
valeramiem@mail.ru
chud35@yandex.ru

В докладе проанализирована проблема автоматизации структурно-параметрического синтеза системных объектов. Рассмотрены основные направления, развиваемые отдельными исследователями и группами исследователей. Проведен сравнительный анализ математических моделей параметрического и структурно-параметрического синтеза

Показано, что для автоматизации структуры параметрического синтеза необходим особый вид моделей. Предложена схема структурно-параметрического синтеза

Ключевые слова: структурно-параметрический синтез автоматизация, модели, морфологическое множество.

Введение.

В современных системах автоматизированного проектирования (САПР) системных объектов, к которым можно отнести сложные технические системы и устройства, используется компьютерное моделирование, что поднимает процесс проектирования на качественно новый уровень. Большинство таких САПР содержат модуль параметрической оптимизации, который позволяет при заданной структуре проектируемого устройства подобрать значения параметров составляющих ее элементов, при которых характеристики будут находиться в заданных разработчиком пределах. Но для этого необходимо задать структуру устройства, при которой возможно достижение требуемых характеристик, а выбор такой структуры далеко не всегда очевиден и обычно требует существенных временных затрат. Кроме того, такая структура может оказаться неоптимальной, т.к., даже используя современные САПР, разработчик может опробовать лишь незначительное число структурных решений, по причине того, что на задание и модификацию исследуемых структур требуются существенные затраты времени. Поэтому логичным требованием к САПР следующего поколения является поддержка автоматической генерации различных структур проектируемых устройств и их вариаций, а также осуществление оптимизации как структуры всего устройства, так и отдельных, указанных разработчиком, подструктур. Таким образом, САПР должны поддерживать процедуру автоматизированного структурно-параметрического синтеза проектируемой технической системы или устройства. Однако практическая реализация алгоритмов структурно-параметрического синтеза наталкивается на ряд трудностей методического, теоретического, технического, а также и психологического характера. В статье приводятся результаты анализа проблем автоматизации структурно-параметрического синтеза сложных системных объектов и предлагаются возможные пути ее решения.

Структурно-параметрический синтез.

С широким внедрением персональных компьютеров, с обретением ими вычислительной мощности, сравнимой с мощностью суперкомпьютеров недавнего прошлого, создания методологии объектно-ориентированного программирования и мультигентных технологий открываются возможности создания практических методик структурно-параметрического синтеза различных устройств.

Структурно-параметрический синтез – это процесс, в результате которого определяется структура объекта и находятся значения параметров составляющих ее элементов, таким образом, чтобы были удовлетворены условия задания на синтез (технического задания). Если при этом синтезированный объект получается оптимальным (квазиоптимальным) по какому-либо критерию (критериям), то синтез является оптимальным (квазиоптимальным) (рисунок).



Рис. Структурно-параметрический синтез и другие дисциплины

Сравнительный анализ задач параметрического и структурно-параметрического синтеза.

Как известно процесс синтеза, проводимого поисковыми методами, распадается на три этапа: задание целевой функции создание математической модели, и выбор алгоритма синтеза. Рассмотрим каждый из перечисленных этапов и сравним требования. Предъявляемые к параметрическому и структурно-параметрическому синтезу на этих этапах.

Целевая функция. При параметрической оптимизации изменяются лишь параметры элементов, составляющих структуру проектируемого устройства, а сама структура остается неизменной. При структурно-параметрической оптимизации изменяются как параметры, так и структура устройства, а, следовательно, с формальной точки зрения, целевая функция для каждой структуры будет уникально и необходим алгоритм ее автоматического формирования. Но т.к. при составлении целевых функций система уравнений, представляющая собой математическую модель проектируемого устройства, обычно инкапсулирована в его характеристиках, то целевая функция для структурно-параметрического синтеза будет отличаться способом задания ограничений на множество структур, которые должны обеспечить соответствие выбранной структуры условиям технической; задания. Такие ограничения могут вводиться при помощи задание множества альтернатив или морфологического множества, на котором осуществляется поиск, и тогда их можно отнести к моделям к алгоритмам структурного синтеза. Кроме того, при синтезе структур может потребоваться дополнительная целевая функция, отражающая структурные свойства проектируемого объекта, которая может носить качественный характер, указывая на большее или меньшее соответствие выбранной структуры условиям технического задания.

Следует подчеркнуть, что при структурно-параметрическом синтезе разработчик получает большую свободу при создании целевой функции, являющейся формализованным заданием на синтез. Так, при параметрическом синтезе применение ограничений на критерии ограничено тем, что при данной структуре проектируемой устройства совокупное выполнение ограничений может оказаться недостижимым. При структурно-параметрическом синтезе такая проблема отсутствует и, если алгоритм разработан правильно, техническое задание является корректным, а морфологическое множество содержит структуру, при которой выполняются данные ограничения. Следова-

тельно, с большой долей вероятности решение, удовлетворяющее условиям технического задания, будет найдено.

Модель. Модели, используемые в параметрическом и структурно-параметрическом синтезе, являются принципиально различными (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение моделей для структурного и структурно-параметрического синтеза

СИНТЕЗ	
параметрический	структурно-параметрический
Структура модели фиксирована и не изменяется в процессе синтеза	Структура модели заранее неизвестна и модель формируется автоматически
Изменяются только параметры (номиналы элементов). Поиск осуществляется в пространстве параметров	Изменяются как структура, так и параметры. Поиск осуществляется в пространстве структур и параметров
Размерность вектора параметров фиксирована	Размерность вектора параметров заранее неизвестна и может быть определена только после того как будет определена структура

При параметрической оптимизации проектируемого устройства поиск осуществляется в пространстве параметров номиналов его элементов, следовательно, в модели изменяются лишь параметры этих элементов, составляющих структуру проектируемого устройства, а сама структура в процессе оптимизации остается неизменной. При структурно-параметрическом синтезе поиск производится в пространстве, как структур, так и номиналов элементов этих структур. Следовательно, необходимо моделировать не отдельно взятое устройство, а весь класс проектируемых устройств. Назовем такую и модель универсальной моделью. Более того, универсальная модель обеспечивает ограничения на множество структур, на котором организуется поиск технического решения. Если методики создания n тематических и компьютерных моделей, конкретно взятых устройства подробно разработаны и реализованы в широко применяемых пакетах (MicroCAP, MicrowaveOffice, ANSYS), то с методиками моделирования классов устройств дела обстоят иначе.

Можно предложить два подхода к созданию универсальных моделей: автономные модели, решением которых будут характеристики проектируемого устройства, и модели морфологического множества, решением которых будут спецификации проектируемых устройств.

В случае использования автономных моделей необходимо выполнить весь процесс компьютерного моделирования, включая формирование и решение систем уравнений. Они могут быть реализованы в виде динамически подключаемых библиотек (DLL; Достоинствами таких моделей является их эффективность, т.к. при их создании могут быть использованы специальные методы моделирования узкого класса устройств (например, в теории цепей, как известно, существуют алгоритмы для анализа лестничных цепей каскадного соединения, и некоторых других, более эффективные, чем общий метод узловых потенциалов). Более того, САПР на основе таких моделей получают автономными и для их работы не требуются другие дорогостоящие программные пакеты (типа ANSYS). Недостатком является высокая трудоемкость их создания.

Для моделей морфологического множества необходимо обеспечить лишь генерацию спецификаций структур класса проектируемых устройств. Достоинствами таких моделей является простота их создания при наличии специального лингвистического обеспечения. Кроме того, разделение различных видов знания – о структуре проектируемых устройств (в модели морфологического множества) и о вычислении характеристик (во внешнем пакете системы компьютерного моделирования) с методологической точки зрения представляется положительным. Недостатком можно назвать то, что для САПР, использующих такие модели, необходимы внешние дорогостоящие программные пакеты компьютерного моделирования. Причем они могут использоваться, совместны лишь с пакетами, имеющими входной язык, совместимый со спецификациями, генерируемыми этими моделями.

Так как современные системы компьютерного моделирования поддерживают работу с подсистемами (подсистемами), то представляется возможным использование в рамках одной САПР как автономных моделей, так и моделей морфологического множества. Такое совместное использование различных видов моделей представляется целесообразным по той причине, что оно позволяет использовать существующие типовые схемы, наличие эффективных компьютерных моделей которых представляется весьма желательным. Так, например, в радиотехнике, существует не большое число типовых соединений, к которым можно свести большую часть принципиальной схемы (па-

раллельное, последовательное, каскадное соединения, лестничная, Т-образная перекрытая и мостовая схемы).

Алгоритм синтеза.

Синтез устройств может проводиться как аналитическими, так и численными методами. В первом случае реализуется алгоритм, позволяющий получить как структуру устройства, так и параметры элементов, из которых оно состоит, причем устройстве обычно получается оптимальным. Но такие алгоритмы известны лишь для некоторых классов обычно достаточно простых устройств, т.е. являются сугубо специализированными. Во втором случае такой алгоритм неизвестен и задача синтеза решается с помощью оптимизационных методов. Причем в зависимости от того, могут ли эти алгоритмы находить лишь параметры элементов устройства заданной структуры или они определяют и саму его структуру, их разделяют, соответственно, на алгоритмы параметрического и структурно-параметрического синтеза. Рассмотрим эти алгоритмы более подробно.

Алгоритмы, в основу которых положены аналитические методы, используют знания теории исследуемых устройств (назовем для простоты спецкурсом) и методы базовой дисциплины (в радиотехнике – теории цепей, в механике – сопромат и т.д.). Достоинством таких алгоритмов является их высокая эффективность, т.к. они обычно позволяют синтезировать устройство за одну итерацию. Более того, устройство обычно получается оптимально по заданным критериям. Недостатком является то, что такие алгоритмы известны далеко не для всех классов устройств, а их создание является чрезвычайно трудоемким и требует от исследователя высочайшей квалификации.

Алгоритмы параметрического синтеза, осуществляем методами математического программирования, помимо спецкурса и теории базовой дисциплины включают в себя оптимизационные методы. Достоинством таких алгоритмов является большая гибкость, они пригодны практически для любых классов устройств, структура которых известна. Кроме того, существенным преимуществом таких алгоритмов является их высокая унификация, т.к. в пределах общей базовой дисциплины меняться будут только структуры устройств и целевые функции. Недостатками является достаточно высокие требования к вычислительным ресурсам. Кроме того, не гарантируется, что спроектированное устройство будет оптимальным, а также то, что выбор структуры устройств не всегда бывает очевидным.

Структурно-параметрический синтез, проводимый поисковыми методами, помимо дисциплин, используемых в параметрическом синтезе, требует использования методов системного подхода, инженерии знаний и теории искусственного интеллекта. Синтез структур является трудно формализуемой задачей и поэтому в нем используются как методы дискретной оптимизации, так и эвристические морфологические методы (конкурирующих точек, зондирования морфологического множества, совершенствования прототипа, древовидного и лабиринтного конструирования и т.д.), а также генетические алгоритмы. Но в общем случае требуется, привлечением методов инженерии знаний и искусственного интеллекта, для того чтобы организовать эффективный поиск на морфологическом множестве, которое, как известно, имеет очень большую мощность. При этом для разных классов исследуемых устройств создаются специальные эвристики и планы решений, которые обычно бывают иерархическими.

Литература

1. Koza J.R., Bennett F.H. e.a. Automated Synthesis of Analog Ele cal Circuits by Means of Genetic Programming. – "IEEE trans. on Ev tionary Computation", 1997, Vol. 1, №2, p. 109-128.
2. Sripramong T., Toumazou C. The Invention of CMOS Amplifier ing Genetic Programming and Current-Flow Analysis. – М IEEE trans computer-aided design of integrated circuits and systems", 2002, Vol. 21 11, p. 1237-1252.
3. Chen D., Aoki T. e.a. Graph-Based Evolutional Design of Arithi tic Circuits. – "IEEE trans. on Evolutionary Computation", 2002, Vol. 6. 1, p. 86-100.
4. Zticky F. Discovery. Invention, Research through the Morphologic al Approach. NewYork: McMillan, 1969. 276 с.
5. Одрин В.М., Картавов С.С. Морфологический анализ систем Построение морфологических таблиц. Киев, Наукова думка, 1977. 148
6. Автоматизация поискового конструирования. Под ред. А.И. Ловинкина. М., Радио и связь, 1981. 344 с.
7. Свирщева Э.А. Структурный синтез неизоморфных систем однородными компонентами. Харьков, ХТУРЕ, 1998. 256 с.
8. Акимов С.В. Объектно-ориентированное проектирован САПР транзисторных усилителей СВЧ. – В сб.: Труды учебных заведений связи / СПб., 2002, № 167, с. 172-187.

SYSTEM ANALYSIS FOR STRUCTURAL-PARAMETRIC SYNTHESIS

V.A. VOLKOV S.M. CHUDINOV

*Graduate "NIIVK them Kartseva MA", OAO «NII Super-Evm»,
Russia, Moscow*

e-mail: valeramiem@mail.ru chud35@yandex.ru

The problem of automation of structurally-parametric synthesis of system objects is analyzed. The comparative analysis of mathematical models of parametrical and structurally parametrical synthesis is carried out. It is shown that the specific land of models is necessary for automation of structurally parametrical synthesis. The scheme of structurally-parametric synthesis is offered.

Keywords: structurally-parametrical synthesis, automation, models, morphological set.