
СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

УДК: 681.586'326.001.057

СИНТЕЗ НОВЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПОДХОДА К МОДЕЛИРОВАНИЮ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

О.С. Константинова

Выявлены проблемы синтеза новых технических решений на основе известных поисковых методов и предложен подход к их решению на основе применения объектно-ориентированной парадигмы к моделированию технических устройств. Использование современных технологий проектирования информационных систем при моделировании преобразователей информации позволяет, не отказываясь от основных принципов теории энерго-информационных моделей цепей и аппарата параметрических структурных схем, расширить возможности их применения.

Ключевые слова: теория энерго-информационных моделей цепей, аппарат параметрических структурных схем, синтез, моделирование, SADT-технология, объектно-ориентированная парадигма.

Key words: the theory of power-information models of chains, the device of parametrical block diagrammes, synthesis, modelling, SADT-technology, object-oriented paradigm.

Многообразие измеряемых параметров, конструктивных особенностей, принципов действия, используемых материалов; масштаб, комплексность и сложность задач проектирования современных измерительных устройств; непрерывный рост требований к учету все большего числа взаимосвязанных факторов, к сокращению времени на решение этих задач – требуют системного подхода к анализу и синтезу датчиков и их элементов. С другой стороны, специфика математического языка описания различных явлений и процессов, на которых основан принцип действия датчиков, ограниченность доступа к информации по физическим эффектам и возможности ее полного использования в силу человеческого фактора существенно затрудняет разработку новых датчиков с требуемыми эксплуатационными характеристиками.

Решение этих задач во многом определяется тем, как будет обеспечен разработчик новыми информационными технологиями, усиливающими его интеллектуальные возможности, позволяющими автоматизировать процессы поиска и обработки информации на основе применения системного подхода к разработке датчиков и их элементов на основе обобщенного представления о классе объектов. Созданию этих технологий посвящены работы многих отечественных и зарубежных исследователей. Одним из наиболее удачных методов решения этой проблемы является теория энерго-информационных моделей цепей (ЭИМЦ) и аппарат параметрических структурных схем (ПСС) [4]. В основе энерго-информационного метода моделирования лежит теория аналогии и подобия, что позволяет рассматривать явления различной физической природы с помощью уравнений, инвариантных к самой физической природе. Теория ЭИМЦ дает возможность не только графически изображать причинно-следственные связи между величинами и параметрами, но и относительно просто получить аналитические зависимости одной величины от другой. Предлагаемый этой теорией метод формализованного описания различных физических явлений, используемых при конструировании преобразователей, позволяет автоматизировать поиск новых технических решений [1].

Однако на современном уровне развития науки и техники энерго-информационный метод уже не позволяет решить любые задачи поискового проектирования. В условиях постоянно возрастающих требований к эксплуатационным характеристикам и усложнения схмотехниче-

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

ской реализации проектируемых преобразователей их параметрические структурные схемы становятся громоздкими и ненаглядными. Такие модели сложны для описания и восприятия. Их трудно разместить на листе. Кроме того, в ПСС не отражены ни реальные физические закономерности, на которых основаны принципы действия преобразователей, ни конструктивные воплощения этих принципов действия, поэтому они требуют дополнительного описания. Разработка ПСС – сложный, трудоемкий процесс, требующий от специалиста больших временных затрат. Кроме проблем технического характера, есть задачи, которые принципиально невозможно решить с помощью существующих поисковых систем, основанных на теории ЭИМЦ. В частности, это относится к проектированию многофункциональных датчиков, измеряющих одновременно несколько параметров [2]. Этим обусловлена необходимость дальнейшего развития теории ЭИМЦ, совершенствования банка знаний и разработки новой поисковой информационной системы.

В настоящее время широкое развитие получили новые технологии проектирования сложных информационных систем. Представление преобразователя как информационной системы (ИС), преобразующей входную информацию в выходную, позволило применить современные технологии проектирования ИС к моделированию преобразователей.

Часть проблем было решено использованием SADT-технологии при моделировании преобразователей [3].

Сложность современных технических систем требует для их разработки коллективной работы проектировщиков. Для реализации возможностей коллективного проектирования лучше всего подходит объектно-ориентированная парадигма, в основе которой лежит декомпозиция проблемы на объекты. В настоящее время к ней относятся как к средству преодоления сложности, присущей многим реальным системам. За последние несколько лет объектная модель показала себя мощной объединяющей концепцией и нашла применение в различных предметных областях.

Представление преобразователя как информационной системы позволило также применить объектно-ориентированную парадигму для их моделирования.

Таким образом, был предложен новый метод моделирования преобразователей, основанный на теории ЭИМЦ, аппарате ПСС, SADT-технологии и объектно-ориентированной парадигме.

Из теории ЭИМЦ предложенный метод наследует ее основные компоненты: величины, параметры, физико-технические эффекты (ФТЭ), структурные обобщенные приемы (СОП) и критерии взаимосвязи величин и параметров. Величины характеризуют внешнее воздействие на цепь данной природы и ее реакцию на это воздействие. Параметры характеризуют относительную неизменность материальной среды, в которой протекают физические процессы. Параметр преобразует входную величину определенной физической природы (воздействие) в выходную величину той же физической природы (реакцию). Для описания межцепных преобразований используются ФТЭ. ФТЭ преобразует входную величину определенной физической природы (воздействие) в выходную величину другой физической природы (реакцию) в изменение какого-либо параметра.

Аппарат ПСС обеспечивает визуальное представление модели: величины обозначаются стрелками входа и выхода, параметры и ФТЭ – прямоугольниками, СОП – участками цепи, слияние величин обозначается в виде круга, разделенного на четыре сектора. Величина, обозначенная на ПСС в виде стрелки, выходящей из сектора, определяется как алгебраическая сумма входящих в сектора величин. Величины, входящие в незаштрихованный сектор, считаются положительными, а величины, входящие в заштрихованный сектор, – отрицательными.

Использование методологии IDEF0 для функционального моделирования преобразователя позволило декомпозировать модели преобразователей на отдельных диаграммах и отображать на них информацию о конструктивных приемах в виде стрелок механизма и реальные физические законы в виде стрелок управления.

Преимущества такого подхода:

- последовательная декомпозиция диаграмм, строящаяся по иерархическому принципу, упрощает их чтение и понимание;
- наличие стрелок механизма и управления поясняет конструктивное воплощение принципа действия и реальные закономерности, на которых он основан;

- возможность использования CASE-средств для моделирования датчика снижает трудоемкость этого процесса.

Объектно-ориентированный подход позволяет выделить ряд объектов, относительно независимых друг от друга. Готовая модель преобразователя создается из этих объектов. Следует отметить, что объекты (и компоненты) модели, разработанные только один раз, могут быть использованы многократно.

Структура объектной модели описывается с помощью трех ключевых понятий: инкапсуляция, наследование и полиморфизм.

Инкапсуляция – каждый объект обладает некоторым внутренним состоянием, а также набором методов-процедур, с помощью которых можно получить доступ к данным, определяющим внутреннее состояние объекта, или изменить их. Таким образом, объекты можно рассматривать как самостоятельные сущности.

Инкапсуляция позволяет повысить гибкость модели за счет:

- представления фрагментов системы в виде относительно независимых объектов;
- возможности скрывать многочисленные детали объекта от внешнего мира;
- ограничения последствий изменений, вносимых в систему.

Объект – это экземпляр некоторого класса объектов или просто класса.

Для разработки объектно-ориентированной модели преобразователя с использованием SADT-технологии были определены два основных объекта модели, которые могут быть использованы как базовые классы: процесс и стрелка. Процесс представляет собой преобразование входа в выход. К процессу можно отнести такие ключевые понятия энерго-информационного моделирования, как параметр, физико-технический эффект (ФТЭ), перекресток (или сумматор), а также составные объекты – обобщенный прием и фрагмент цепи. К стрелкам относятся величина (вход-выход), механизм, определяющий морфологические признаки научно-технического решения (конструктивные особенности, например, форма, технология изготовления, используемые материалы), управление (физико-математические законы преобразования). Одним из свойств стрелки входа и выхода является физическая природа. Вся эта информация и действия (поведение) совместно инкапсулируют в объекты процесс и стрелка. В результате все изменения модели, связанные с процессами и стрелками, могут быть реализованы только в этих объектах.

Наследование подразумевает возможность создавать из классов объектов новые классы объектов, которые наследуют структуру и методы своих предков, добавляя к ним черты, отражающие их собственную индивидуальность. Наследование может быть простым (один предок) и множественным (несколько предков).

Классы могут быть связаны друг с другом различными отношениями. Одним из основных таких отношений является отношение «класс – подкласс», известное в объектно-ориентированном программировании как наследование.

В объектно-ориентированных системах наследование представляет собой механизм, позволяющий создавать новые объекты, основываясь на уже существующих. Порождаемый потомок наследует все атрибуты и методы родительского класса, что обеспечивает простоту поддержки изменений объектов: изменение следует внести только в родительский объект, а все потомки наследуют его автоматически.

Объекты-потомки будут иметь наследуемые и собственные уникальные характеристики. Например, параметр (емкость, жесткость, индуктивность, дедуктивность, сопротивление, проводимость) имеет одну и ту же формулу преобразования. Однако входы и выходы могут быть различной физической природы.

Изменения в родительском объекте повлияют на всех потомков, но эти потомки могут адаптироваться и самостоятельно, не влияя друг на друга и на их предка.

При наследовании одни методы класса могут замещаться другими. Такое изменение семантики метода называется полиморфизмом. Полиморфизм – это выполнение методом с одним и тем же именем различных действий в зависимости от контекста, в частности, от принадлежности тому или другому классу.

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

В объектно-ориентированных системах это означает, что конкретные функциональные возможности могут иметь множество реализаций. Например, различная морфология у одинаковых процессов.

Объектно-ориентированный анализ использует объектную декомпозицию и имеет свою систему условных обозначений, которые позволяют создавать богатый набор логических и физических моделей, с помощью которых мы можем получить представление о различных аспектах рассматриваемой системы.

Объектно-ориентированная декомпозиция ЭИМЦ преобразователя позволяет рассматривать модель преобразователя как упорядоченную совокупность объектов, которые в процессе взаимодействия друг с другом определяют поведение системы.

Таким образом, применение современных технологий проектирования ИС при моделировании преобразователей позволяет, не отказываясь от основных принципов теории ЭИМЦ и аппарата ПСС, расширить возможности их применения.

Библиографический список

1. Зарипов, М. Ф. Энергоинформационный метод анализа и синтеза чувствительных элементов систем управления / М. Ф. Зарипов, И. Ю. Петрова // Датчики и системы. – 1999. – № 5.
2. Михайлов, П. Г. Микроэлектронный датчик давления и температуры // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2003. – № 11.
3. Шиккульская, О. М. Концептуальное моделирование принципа действия преобразователя на основе SADT-технологии // О. М. Шиккульская, М. И. Шиккульский // Известия вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки – 2005. – Прил. 2. – С. 52–54.
4. Шиккульская, О. М. Метод моделирования чувствительных элементов датчиков на основе фрактального подхода : дис. ... д-ра тех. наук. – Астрахань, 2009. – 459 с.

УДК 539.193/.194;535/.33/34

СТРУКТУРНО-ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПРОДУКТОВ ГИДРОЛИЗА ЗОМАНА

М.Д. Элькин, Е.Ю. Степанович, А.С. Кладиева

В рамках гибридного метода функционала плотности DFT/B3LYP выполнены модельные расчеты геометрической структуры и колебательных состояний продуктов гидролиза зарина и зомана.

Ключевые слова: зарин, зоман, изопропилметилфосфоновая кислота, пинаколилметилфосфоновая кислота, 2-пропанол, 2-пинаколил, колебательные спектры, структурные модели.

Key words: sarin, soman, isopropyl methylphosphonic acid, pinacolyl methylphosphonic acid, 2-propanol, 2-pinacolyl, vibrational spectra, structural models.

Гидролиз – одна из технологий ликвидации зарина, зомана и циклозарина (GB, GD, GF-агентов) – известных химических и биологически активных соединений.

В данной публикации излагаются результаты моделирования колебательных состояний продуктов гидролиза зомана.

На первой стадии этого технологического процесса атом фтора токсичного фрагмента X в исходных соединениях замещается на гидроксильную группу OH. Зоман превращается в пинаколилметилфосфоновую кислоту (ПМФК). На второй стадии фрагмент OP(OH)CH₃ ПМФК замещается атомом водорода. ПМФК разлагается, соответственно, на 2-пинаколил и МФК. За подробностями отсылаем к работе [14], где авторы статьи рассматривают SERS-спектроскопию (surface-enhanced Raman spectroscopy) как возможность спектральной идентификации продуктов гидролиза при контроле над технологическим процессом ликвидации химического оружия