

АВТОМАТИЗАЦИЯ СКВОЗНОГО СХЕМОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

Г.А. Долин (МТУСИ)

Дальнейший рост объемов производства телекоммуникационного оборудования требует решения ряда задач, наиболее важной среди которых является совершенствование технологии автоматизированного проектирования. В статье описываются особенности разработки и приводятся подходы к созданию САПР, позволяющей проводить сквозное автоматическое схемотехническое проектирование радиотехнических устройств.

Введение

Темпы ежегодного роста объемов производства телекоммуникационного оборудования на предприятиях России в период до 2010 г. (около 11% /год) существенно опережают темпы роста валового внутреннего продукта страны [1]. Процесс возврата отечественных производителей на рынок средств связи имеет поступательный характер. По данным аналитических прогнозов в течение рассматриваемого периода времени ситуация на рынках телекоммуникационного оборудования будет качественно меняться. Это потребует от отечественных производителей понимания происходящих изменений и адекватной реакции в организации комплекса мероприятий, необходимых для продвижения продукции на рынок телекоммуникационного оборудования. При этом первоочередным является решение следующих задач: стандартизации и сертификации; использования современной элементной базой; оптимизации социально-кадровой политики и совершенствования технологии автоматизированного проектирования. Анализ состояния отечественных предприятий с точки зрения их готовности к разработке современной электронной аппаратуры свидетельствует об отставании от общепринятого международного уровня разработки таких изделий даже ведущими предприятиями страны [2].

Направления развития автоматизации разработки электронной аппаратуры

К числу наиболее значимых направлений развития автоматизации разработки электронной аппаратуры, в которых необходимо обеспечить кардинальное улучшение ситуации, следует отнести:

- системный уровень разработки, позволяющий обеспечить совместное проектирование программных и аппаратных средств системы, автоматический синтез устройств, начиная с поведенческого описания, а также тестопригодность аппаратуры;
- автоматизированную поддержку и контроль процесса проектирования сложных систем и устройств, выполняемого большим коллективом разработчиков;
- наличие специализированных САПР, направленных на достижение наилучших результатов по некоторым параметрам, например, проектирование схем низкой мощности;
- создание и использование международных стандартов в области автоматизации проектирования.

В настоящее время российские предприятия используют разрозненные, а подчас и устаревшие сред-

ства проектирования [3]. Такая ситуация делает практически невозможным выход отечественных предприятий на международный рынок разработок. Наличие современных средств САПР у партнеров является непременным условием сотрудничества и кооперации. Исходя из имеющегося опыта, отметим, что в случае реальной заинтересованности зарубежного партнера в создании совместной разработки радиоэлектронных изделий с российским предприятием, первые инвестиции направляются именно на создание современного подразделения проектирования (без чего совместная работа специалистов теряет смысл). Таким образом, создание единого проектного центра, который бы с использованием сети Internet предоставлял услуги по применению различных систем и средств проектирования радиоэлектронных изделий для заинтересованных предприятий [4], могло бы стать привлекательным инвестиционным проектом.

Особенности проектирования радиотехнических устройств

Внедрение новой телекоммуникационной техники предъявило к электрическим параметрам радиотехнических устройств (РТУ) ряд непрерывно усложняющихся требований. Возрастают требования к габаритам и массе РТУ, а также к надежности, серийности и минимизации потребляемой энергии. Отсюда следует необходимость использования в РТУ современной элементной базы. Проектировщики уже не в состоянии традиционными методами проектировать РТУ из-за все возрастающих требований к ним и значительного роста объема научно-технической информации, а это, в конечном итоге, приводит к несоответствию принимаемых ими проектных решений уровню лучших мировых образцов средств связи. К тому же, в последние десятилетия в развитии телекоммуникационной техники стала заметна тенденция к переходу от проектирования отдельных устройств узкого назначения к проектированию сложных аппаратных комплексов, предназначенных для решения широкого круга задач в изменяющихся внешних условиях, что еще больше осложняет положение проектировщиков.

Кроме того, у проектировщиков РТУ возникла проблема: как повысить качество первоначального технического предложения, чтобы можно было частично или полностью исключить его отработку на лабораторном (материальном) макете? Это связано с тем, что обычно первоначальное техническое предложение весьма далеко от того, чтобы удовлетворить

требования, выдвигаемые техническим заданием на отдельное устройство, систему или комплекс, и сильно зависит от опыта и знаний проектировщика. Последующее же совершенствование проектируемого РТУ на макете вовлекает в процесс проектирования значительные силы проектировщиков и производственников, работа которых оказывается малоэффективной из-за многочисленных и неизбежных переделок. В результате всего этого процесс проектирования недопустимо растягивается и становится чрезмерно дорогим, в то время как из-за непрерывной конкуренции возрастают требования к уменьшению времени проектирования РТУ и его цены, при необходимости одновременного повышения его качества.

Таким образом, одним из важнейших направлений увеличения роста объемов производства телекоммуникационного оборудования на предприятиях, выпускающих эту продукцию в России, является разработка и совершенствование технологии автоматизированного проектирования и использование новых методов и средств автоматизации труда проектировщиков РТУ (в том числе САПР), позволяющих повысить не только их производительность труда, но и качество принимаемых ими проектных решений.

Особенности создания САПР радиотехнических устройств

Разработка САПР РТУ — это сложная научно-техническая задача, требующая больших интеллектуальных и материальных затрат. Для успешного функционирования САПР необходимо развивать: техническое обеспечение (ЭВМ, используемые в САПР), математическое и программное обеспечение (методы и алгоритмы, необходимые для решения задач проектирования, создания адекватных математических моделей физических компонентов), информационное обеспечение (база данных и знаний, включающие описание стандартных процедур проектирования и типовых проектных решений).

Создание нового поколения элементной базы требует постоянного совершенствования центров и систем автоматизированного проектирования. Более того, само проектирование аппаратуры в настоящее время невозможно представить без широкого использования САПР различного уровня. Так, известные в настоящее время разработки в области САПР РТУ малоэффективны при решении задач схемотехнического синтеза на начальных этапах проектирования, особенно для широкого класса аналоговых РТУ (АРТУ) и аналого-цифровых (комбинированных) РТУ. Для них невозможно формализовать основные процедуры синтеза, которым на верхних уровнях абстракции иерархического описания РТУ при проектировании присущи интуитивно-логические рассуждения и субъективные эвристические представления.

Таким образом, для реализации проектирования РТУ главной нерешенной проблемой является автоматизация начальных этапов проектирования и ис-

пользования результатов моделирования в процессе схемотехнического синтеза. Ее решение позволит производить сквозное автоматическое схемотехническое проектирование РТУ, которое обеспечит повышение скорости и качества проектирования РТУ, а также надежность спроектированного устройства.

Вышесказанное позволяет сделать вывод о необходимости разработки специального методического, алгоритмического и программного обеспечения, целью которого стало бы создание условий перехода к единому сквозному маршруту проектирования аппаратуры и элементной базы для нее.

Разработка сквозной САПР РТУ

Решение поставленной выше задачи предлагается осуществлять путем использования в САПР продукционной и объектно-ориентированной экспертных систем (ЭС), реализующих неподдающиеся формализации методики проектирования РТУ, модифицированных методов моделирования и распределенной БД параметров электронных компонентов. При этом ЭС позволяют автоматизировать процесс накопления и формализации знаний высококвалифицированных проектировщиков — экспертов с возможностью их последующего использования при эксплуатации САПР пользователями невысокой квалификации. Использование двух методов (узловых потенциалов и переменных состояния) моделирования — анализа и оптимизации позволяет проводить сравнение результатов их работы и корректировать процесс синтеза. Реляционная распределенная БД, включающая широкий набор параметров электронных компонентов, может использоваться как в процессе синтеза, так и анализа.

В связи с тем, что методики проектирования РТУ являются слабоструктурированными, для их формализации необходима структуризация РТУ и их элементов. Это требует разработки моделей узлов и каскадов РТУ как объектов проектирования в ЭС [5, 6], учитывающих многообразие сложных взаимных связей и всесторонне раскрывающих те аспекты РТУ, рассмотрение которых является необходимым и достаточным для конструктивной реализации процесса их автоматического проектирования.

Адаптивные САПР

Дальнейшее развитие и совершенствование САПР приводит к созданию адаптивных САПР, способных приспосабливаться к специфическим свойствам решаемой задачи путем автоматической настройки структуры и состава ПО на задачу. Процесс адаптации в САПР может осуществляться на различных уровнях. При проблемной адаптации (на уровне методов и алгоритмов) происходит приспособление системы проектирования к специфическим свойствам решаемой задачи на уровне технического задания.

Так, возможность адаптации численного анализа электронных схем была подготовлена предшествующими работами по комбинированным методам ана-

лиза. Адаптация основана на совместном применении явных и неявных формул интегрирования путем предварительной настройки на определенную формулу или на пошаговую очередность применяемых формул. Адаптация численного анализа обеспечивает выбор и настройку соответствующего алгоритма в автоматическом режиме. Другим аспектом адаптации при численном анализе является адаптация на уровне алгоритмов. При этом широко используются приемы, состоящие в таком разделении исходной модели на части (алгоритмическая декомпозиция), при котором каждая из них может быть рассчитана по наиболее подходящему алгоритму (например, разделение вектора переменных на быструю и медленную составляющие, анализ схемы в различных частотных диапазонах с использованием различных эквивалентных представлений схемы).

При схемотехническом проектировании наряду с адаптацией на уровне алгоритмов синтеза и анализа успешно применяется адаптация на уровне математических моделей. Это относится как к моделированию активных компонентов (транзисторов, диодов, операционных усилителей и т. д.), так и к формированию математической модели всего проектируемого устройства в целом. Адаптация на уровне моделирования компонентов означает, что в процессе проектирования выбирается наиболее подходящая модель, которая подвергается целенаправленным изменениям в зависимости от особенностей решаемой задачи на различных частотных и временных интервалах.

При решении задач схемотехнического проектирования "большой размерности" в адаптивных САПР происходит адаптация математической модели всего объекта на основе макромоделирования и структурной декомпозиции (расщепление сложного объекта на части). Под макромоделированием понимается такой процесс, когда типовые фрагменты (подсхемы, функциональные микросхемы) представляются математическими моделями, которые можно встраивать в схему, располагая лишь знанием значений сигналов (токов, напряжений) на их внешних связях. При этом укрупняется само понятие "компонент", поскольку компонентом может быть сложная схема, а его описание существенно упрощается. В этом случае адаптация в процессе проектирования обеспечивается выбором наиболее подходящей математической модели для каждого фрагмента схемы с учетом взаимных влияний и связей этих фрагментов. Процесс адаптации на уровне макромоделей заключается в том, что некоторый фрагмент схемы на разных уровнях проектирования (или при решении разных задач) представляется в виде целого набора макромоделей различной степени сложности. В процессе проектирования макромоделей меняются по соответствующим признакам на основе критерия адаптации.

При любом типе декомпозиции объект и его модель расщепляются на отдельные фрагменты, объединенные посредством внешних связей.

Заключение

Очевидно, что наибольший эффект при проектировании РТУ можно получить при согласовании процессов эвристического синтеза в ЭС и адаптации формирования математической модели в процессе анализа и оптимизации. Такой подход, названный многоуровневым адаптивным схемотехническим проектированием может быть использован при схемотехническом проектировании аналоговых и аналого-цифровых РТУ с высокой степенью интеграции (например, БИС и СБИС). Именно многоуровневое адаптивное проектирование позволяет осуществить сквозное схемотехническое проектирование в САПР для широкой номенклатуры РТУ.

В соответствии с предложенным подходом на кафедре "Радиоприемные устройства" Московского технического университета связи и информатики разработан исследовательский прототип системы сквозного схемотехнического проектирования РТУ, включающий блоки гибридной продукционной и объектно-ориентированной экспертных систем для синтеза структурных и принципиальных электрических схем, моделирования методами узловых потенциалов и переменных состояния, а также распределенной базы данных параметров электронных компонентов. Проведенное в ней конструктивное проектирование широкой номенклатуры РТУ показало справедливость рассмотренного подхода. В настоящее время осуществляется доработка ПО до коммерческого продукта в соответствии с запросами рынка инфокоммуникаций.

Список литературы

1. Долин Г.А. Оценка готовности отечественной отрасли связи к решению задач информатизации страны. М.: Информационный бюллетень "Электронная Россия". 2002. №1.
2. Долин Г.А., Фомин Н.Н. Концепция сквозного автоматизированного проектирования радиоэлектронной аппаратуры и систем связи/ Федеральный справочник "Связь и информатизация в России. 2002-2003 годы". М.: Центр стратегических программ, 2003.
3. Долин Г.А. Методы схемотехнического проектирования радиотехнических устройств. М.: СвязьИнформ. 2003. № 5.
4. Долин Г.А. Автоматический схемотехнический синтез аналоговых радиотехнических устройств в экспертной системе. М.: Радиотехнические тетради. 2000. № 20.
5. Долин Г.А. Методика синтеза структурных электрических схем радиотехнических устройств в гибридной продукционной экспертной системе. М.: СвязьИнформ. 2003. № 6.
6. Долин Г.А. Методика синтеза принципиальных электрических схем радиотехнических устройств в объектно-ориентированной экспертной системе. М.: СвязьИнформ. 2003. № 7.

Долин Георгий Аркадьевич — канд. техн. наук, доцент Московского технического университета связи и информатики. Контактный телефон (926) 520-35-56. E-mail: george-dolin@yandex.ru