

легкого перехода от неформализованного знания к формализованному и простоты его обработки наибольший интерес представляют мультипарадигмовые формы представления знаний, в которых сочетаются сильные стороны отдельных моделей. Так, информация, связанная со спецификой ПО, строится на основе фреймовых моделей соответствий. Под фреймом понимается минимальная структурная единица информации, необходимая для представления объектов, явлений или процессов. Заполнение позиций фреймов (слотов) информацией характеризует конкретные объекты. Применение фреймовых моделей соответствий в чистом виде при описании сложных объектов приводит к появлению сложной сети перекрестных ссылок, которая требует создания специальных поисковых процедур. Возникают трудности и при описании эвристических данных. Поэтому дополнительная информация, характеризующая отношения между объектами, строится на основе моделей сетевого типа — семантических сетей. Система принятия решений строится на основе эволюционного подхода и реализуется в виде дерева решений.

Предложенный подход к созданию моделей представления знаний позволяет следующее:

- исключить дублирование информации благодаря созданию и использованию единой системы понятий предметной области;

- реализовать принцип открытости системы, когда отсутствующие факты полагаются «неопределенными»;

- организовать процедуры дополнения, изменения базы знаний без существенной реорганизации уже существующей;

- сократить время на разработку путем использования модульного принципа построения при создании аппаратов логического вывода и обработки знаний.

Поступила в редколлегию 25.03.92

УДК 521.396.6

*А. Г. МАКАРОВ, ассист.*

#### **УЧЕБНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ САПР ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ УЗЛОВ РЭС**

Предложена учебно-исследовательская САПР, предназначенная для использования в лабораторном практикуме по курсу «Автоматизация конструирования РЭА». Рассмотрены вопросы структуры САПР, информационного, программного и методического обеспечения.

Цель настоящей работы — описание разработанного автором программного обеспечения к лабораторному практикуму по курсу «Автоматизация конструирования и проектирования технологических процессов производства РЭА» для студентов специальности «Конструирование и технология радиоаппаратуры».

© А. Г. Макаров, 1993

В практикум входят следующие лабораторные работы: «Исследование моделей коммутационных схем радиоэлектронных устройств», «Исследование эффективности алгоритмов компоновки РЭС», «Исследование эффективности алгоритмов размещения элементов РЭС», «Исследование эффективности алгоритмов трассировки печатных соединений в РЭС».

При разработке ставилась задача создать программное обеспечение к перечисленным лабораторным работам в виде пакета программ, функционирующего на персональных ЭВМ, совместимых с IBM PC, под управлением операционной системы MS DOS. Пакет предоставляет пользователю следующие возможности:

- контролируемый ввод исходных данных коммутационной схемы в интерактивном режиме и сохранение их в базе данных;

- создание математических моделей коммутационной схемы и сохранение их в базе данных;

- решение задачи разрезания коммутационной схемы на два, три или четыре узла и задачи покрытия схемы конструктивными модулями из заданного набора различными методами компоновки, с оценкой эффективности этих методов;

- размещение конструктивных модулей различными методами;

- трассировка соединений различными модификациями волнового алгоритма с широкими возможностями по варьированию параметров;

- вывод на печать протоколов лабораторных работ, результатов всех вычислений, эскизов размещения и трассировки.

На коммутационную схему, обрабатываемую пакетом, налагаются определенные ограничения:

- число элементов в схеме не более 99;

- число выводов у одного элемента, а также число внешних соединений не более 40;

- число комплексов (цепей) в схеме не более 999.

Все действия, выполняемые пакетом, комментируются текстовыми сообщениями на дисплее ЭВМ, и каждый режим имеет оперативную подсказку, что должно свести к минимуму время обучения студентов, не имеющих большого опыта работы с вычислительной техникой, пользованию пакетом.

Кроме того, обеспечивается возможность дополнения пакета программным обеспечением по другим разделам курса.

До настоящего времени в Киевском политехническом институте на кафедре радиоконструирования применялась «Учебно-исследовательская система автоматизированного проектирования конструкций функциональных узлов РЭС на печатных платах и микросборках» (УСАПР), обеспечиваемая средствами универсального вычислительного комплекса СМ-1420 со штатным комплектом устройств ввода — вывода и обработки информации.

Данная УСАПР имеет ряд недостатков, которые устранены в настоящей разработке. Прежде всего — архитектура комплекса СМ-1420 не

позволяет выполнять на нем прикладные программы, отвечающие современным требованиям, что существенно ограничило возможности рассматриваемой УСАПР. Кроме того, число элементов в схеме — не более 20; число выводов одного элемента — не более 14; число внешних соединений — не более 12; число комплексов — не более 40.

К тому же, данная УСАПР не обеспечивает достаточного контроля ввода данных, ее интерфейс с пользователем не достаточно нагляден. В результате значительная часть лабораторного времени затрачивается студентами на изучение правил работы с УСАПР, исправление ошибок, допущенных при вводе данных, и т.п.

Устранение перечисленных недостатков во вновь разработанной системе и ее внедрение в учебный процесс позволит студентам при выполнении лабораторного практикума уделять больше времени анализу моделей схем и алгоритмов решения задач компоновки, размещения элементов и трассировки соединений, решать эти задачи для более сложных схем с наглядным представлением результатов своей работы.

Лабораторный практикум по курсу «Автоматизация конструирования и проектирования технологических процессов производства РЭС» (в дальнейшем — практикум) предназначен для изучения принципов построения интерактивных САПР, структуры и состава программно-информационного и организационно-методического обеспечения САПР, позволяющих исследовать эффективность принятия решений радиоинженером по выбору схемных, конструкторско-технологических характеристик функциональных узлов РЭС, моделей схем и алгоритмов решения задач компоновки схем, размещения элементов и трассировки соединений с использованием учебно-исследовательской системы автоматизированного проектирования конструкций функциональных узлов РЭС на печатных платах и микросборках (в дальнейшем — УСАПР).

УСАПР функциональных узлов РЭС дает возможность решать конструкторские и научно-исследовательские задачи на следующих этапах конструкторского проектирования:

автоматизация формирования частных моделей схем функциональных узлов РЭС по исходному описанию схемы;

компоновка схем РЭС;

размещение элементов по плоскости в заданную структуру позиций;

трассировка соединений в одном или двух коммутационных слоях.

В качестве учебного задания студенту предлагается разработать конструкцию печатного узла на печатной плате или микросборке по заданной функционально-логической схеме.

При решении каждой из задач допускается варьирование в широких пределах параметров схем и конструкций функциональных узлов, моделей и алгоритмов автоматизированного конструирования.

Как и любая САПР, согласно ГОСТ 23501.0—79, предлагаемая учебно-исследовательская САПР функциональных узлов РЭС пред-

ставляет собой организационно-техническую систему, выполняющую автоматизированное проектирование объектов—конструкций функциональных узлов РЭС на печатных платах и микросборках — и состоящую из комплекса средств автоматизации проектирования, взаимосвязанного с пользователями.

При рассмотрении структуры САПР следует выделить два взаимосвязанных аспекта ее членения: подсистемы и обеспечения.

Учебно-исследовательская САПР функциональных узлов РЭС содержит четыре подсистемы: ввода данных о схеме проектируемого функционального узла и формирования частных моделей схемы; компоновки схем; размещения элементов; трассировки соединений.

Первая подсистема относится к обслуживающим, остальные — к проектирующим.

Комплекс средств автоматизации проектирования представляет собой взаимосвязанную совокупность семи видов обеспечений: технического, математического, программного, информационного, лингвистического, методического, организационного.

Техническое обеспечение УСАПР составляет персональная ЭВМ, совместимая с IBM PC.

Математическое обеспечение УСАПР конструкций функциональных узлов включает совокупность математических моделей схем и конструкций РЭС, методов и алгоритмов решения задач компоновки схем, размещения элементов, трассировки соединений [1, 2].

Программное обеспечение УСАПР выполнено в системе программирования Turbo Pascal и Turbo C фирмы Borland Inc в виде системы программ, функционирующих под управлением операционной системы MS DOS.

Предназначенный для осуществления основных функций УСАПР пакет прикладных программ состоит из четырех автономных программных блоков:

- ввода исходного описания и построения моделей схем;
- решения задач компоновки схем;
- размещения элементов на коммутационном поле;
- трассировки соединений.

Такое деление на программные блоки соответствует отдельным этапам проектирования конструкций функциональных узлов РЭС и обеспечивает проведение лабораторных работ фронтальным методом в течение нескольких занятий, с возможностью любых по длительности перерывов во времени между различными этапами.

Работой программных блоков управляет резидентная программа USAPR, которая позволяет передавать управление любому из программных блоков и обеспечивает идентификацию дисковых файлов, создаваемых в процессе работы различных пользователей.

Информационное обеспечение УСАПР составляют исходные описания схемы и конструкции функционального узла РЭС; база данных

на магнитном диске; результаты проектирования, выводимые на печать.

Исходное описание схемы функционального узла РЭС предусматривает описание элементов, электрических цепей (комплексов), принадлежность выводов комплексам. Исходное описание конструкции функционального узла РЭС зависит от этапа проектирования. Так, на этапе компоновки схем достаточно знать число элементов, входящих в узел; на этапе размещения элементов — структуру позиций; на этапе трассировки — структуру дискретного рабочего поля (ДРП), местонахождение каждого вывода элементов в ячейках ДРП.

Базу данных УСАПР функциональных узлов РЭС составляет совокупность файлов прямого доступа, в которых хранится информация о схеме проектируемого функционального узла, промежуточные и конечные результаты проектирования.

Результаты проектирования на всех этапах выводятся на дисплей и, по желанию пользователя, на устройство печати, в виде протокола соответствующей лабораторной работы или приложения к нему.

Лингвистическое обеспечение УСАПР конструкций функциональных узлов РЭС составляет диалоговый язык проектирования, базирующийся на естественной форме ответов пользователя. Пользователь, как правило, выбирает меню работы программных блоков, отвечает на вопросы о продолжении работы и вводит числовые значения параметров схемы.

Методическое обеспечение УСАПР составляют «Методические указания к лабораторному практикуму по курсу "Автоматизация конструирования и проектирования технологических процессов производства РЭА"».

Организационное обеспечение УСАПР определяется режимом работы соответствующей лаборатории кафедры конструирования и производства радиоаппаратуры.

На функциональные узлы РЭС, служащие в качестве учебных разработок при выполнении указанного лабораторного практикума, накладываются следующие ограничения.

1. Предельные количественные характеристики схемы функционального узла РЭС:

- логических элементов — не более 99;
- выводов одного элемента — не более 40;
- комплексов (цепей) — не более 999.

2. Предельные количественные характеристики для задачи компоновки элементов в узлы:

- компонуемых узлов — не более 4;
- логических элементов в одном узле — не более 55.

3. Предельные количественные характеристики для задач размещения и трассировки:

- количество элементов для размещения — не более 100;

размеры коммутационного поля — не более  $200 \times 200$  дискретов; шаг координатной сетки — 1,25 или 2,5.

Программа функционирует на ПЭВМ, совместимых с IBM PC, под управлением операционной системы MS DOS, начиная с версии 3.0 и старше.

Для работы программы USAPR требуется следующая минимальная конфигурация аппаратных средств ПЭВМ:

оперативная память 512 Кбайт;

один накопитель на гибких магнитных дисках емкостью 360 Кбайт; печатающее устройство (принтер), подключаемое к параллельному интерфейсу типа «Центроникс».

Одного магнитного диска емкостью 360 Кбайт достаточно для хранения на нем операционной системы, файлов системы и базы данных УСАПР функциональных узлов РЭС по нескольким задачам (в зависимости от размерности исходной схемы).

Опытная эксплуатация пакета программ УСАПР функциональных узлов РЭС на кафедре радиоконструирования КПИ в 1991—1992 гг. позволяет сделать следующие выводы.

Использование УСАПР функциональных узлов РЭС при выполнении студентами лабораторного практикума по курсу «Автоматизация конструирования и проектирования технологических процессов производства РЭС» способствует более глубокому изучению применяемых методов благодаря представлению в наглядной форме математических моделей, описывающих коммутационную схему, и методов их обработки.

«Дружественный» интерфейс с пользователем (наличие подсказок в каждом меню, комментарии выполняемых действий, немедленная реакция на ошибочные действия пользователя) значительно сокращает время, необходимое для освоения правил работы с пакетом, ввода исходных данных и т.п. Эта особенность УСАПР функциональных узлов РЭС позволит при проведении лабораторных занятий с ее использованием обрабатывать более сложные задачи.

Программное обеспечение УСАПР функциональных узлов РЭС построено таким образом, что можно без внесения изменений в уже существующую программу дополнить ее программными блоками.

Кроме того, уже существующее программное обеспечение может быть существенно усовершенствовано в дальнейшем в следующих направлениях.

1. В области интерфейсных функций благодаря применению специальных процедур, написанных в машинных кодах или на языке ассемблера, можно добиться дополнительного увеличения скорости обменов в оперативной памяти, что повысит «комфортность» пакета.

2. Целесообразно добиться более полного использования пакетом имеющихся средств ПЭВМ, в частности — создать систему самонастройки программы на имеющиеся в конкретной конфигурации ПЭВМ аппаратные средства (контроллер дисплея, печатающее устройство).

### 3. Актуально создание редакторов размещения и трассировки соединений.

#### Список использованной литературы

1. Селютин В. А. Машинное конструирование электронных устройств. М., 1977. 384 с.
2. Морозов К. К., Одинокое В. Г., Курейчик В. М. Автоматизированное проектирование конструкций радиоэлектронной аппаратуры: Учеб. пособие для вузов. М., 1983. 280 с.

Поступила в редколлегию 25.03.92

УДК 621.382:681.3.075.8

*О. Г. МАКАРОВ, асист.*

#### МОДЕЛІ Й МЕТОДИ РОЗРАХУНКІВ, ЗАСТОСОВУВАНІ В ПІДСИСТЕМІ ТЕПЛООВОГО МОДЕЛЮВАННЯ САПР КОНСТРУКЦІЙ РЕА

Розглядаються особливості основних моделей і методів розрахунку теплових режимів РЕА в підсистемі теплового моделювання САПР РЕА.

Більшість сучасних САПР конструкцій РЕА, які можуть аналізувати теплові режими, орієнтовані на використання певної теплової моделі проєктованого блока за визначеним методом і алгоритмом. Структура підсистеми теплового моделювання САПР РЕА, запропонована в роботі [1], передбачає можливість вибору моделі та методу її розрахунку.

Моделі й методи розрахунку теплових режимів докладно розглянуті в дослідженнях [2,3]. У цій статті розглядаються питання, пов'язані з їх використанням у САПР. Огляд моделей і методів проводиться за класифікацією, наведеною в роботі [2].

**МОДЕЛІ З ЗОСЕРЕДЖЕНИМИ ПАРАМЕТРАМИ.** Цей вид моделей є найбільш простим для опису й розрахунків. Основне застосування вони знаходять для оціночних розрахунків теплових режимів і пошуку середніх температур. У цій групі можна виділити два основних типи моделей.

Модель системи тіл і потоків теплоносіїв є укрупненою моделлю конструкції. Наприклад, друковані плати з елементами або окремі вузли замінюють еквівалентною нагрітою зоною у формі паралелепіпеда. Процеси теплообміну описуються системами алгебраїчних і звичайних диференціальних рівнянь.

**Теплові схеми.** У цих моделях використовується електротеплова аналогія. Система тіл описується провідностями, джерелами енергії та зв'язками між ними. Для одержаної еквівалентної схеми розрахунку ведуться шляхом розв'язування системи лінійних рівнянь.

Для аналізу теплового режиму вузлів РЕА широко використовуються коефіцієнтні методи, які дозволяють розрахувати певний вид конструкції. Моделі з зосередженими параметрами можуть бути побу-