

### 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-

довані у досить загальному вигляді для широкого кола конструкцій.

Аналітичні вирази в рамках цих моделей можна отримати тільки для систем з трьох-чотирьох тіл. Чисельні методи дозволяють розв'язувати більш складні системи, і їх використання в САПР спрощується завдяки наявності універсального програмного забезпечення.

Використання цих моделей у САПР доцільне для проведення експрес-аналізу та оцінки теплового режиму конструкцій РЕА і ефективно при наявності засобів автоматизованого вибору та формування моделі за формалізованим описом (експертної системи), а також достатньої довідкової бази даних щодо теплофізичних характеристик матеріалів.

**ОДНОВИМІРНІ МОДЕЛІ.** Їх використовують для одержання інформації про теплове поле досліджуваної конструкції за однією з координат, а зміною за іншими нехтують.

Основні види моделей: стержень із змінним перерізом, узагальнена криволінійна стінка і узагальнене одновимірне тіло.

Використання для цих моделей аналітичних виразів обмежене тілами канонічної форми, проте застосовується при розрахунках окремих елементів. САПР повинна містити модулі розрахунку за допомогою аналітичних виразів для тіл найбільш поширених форм (циліндр, куля, площина).

Використовуючи чисельні методи розрахунку для одновимірних моделей, доцільно обмежитися одним, з нашого досвіду найбільш придатним — методом скінченних елементів (МСЕ). Він відноситься до групи варіаційно-різницьових і дозволяє будувати моделі, найбільш наближені до реальних об'єктів, завдяки нерегулярності сітки, краще враховує граничні умови і є більш простим для розуміння користувачем у порівнянні, наприклад, з методом скінченних різниць.

**БАГАТОВИМІРНІ МОДЕЛІ.** Виділяють багатовимірні задачі для окремого тіла і для системи тіл. Перший тип задач передбачає розв'язання багатовимірного рівняння теплопровідності для окремої області при заданих граничних умовах. У задачах для системи тіл розв'язується система рівнянь, до якої входять рівняння теплопровідності і звичайні диференціальні рівняння, відповідні до моделі з зосередженими параметрами.

У такому вигляді використання моделей доцільне для аналізу температурних полів окремих критичних елементів і вузлів низького рівня, оскільки робота із складними об'єктами потребує більших машинних ресурсів і істотно знижує швидкодію САПР.

При розрахунках теплових режимів за багатовимірними моделями в основному використовуються чисельні методи. Аналітичні вирази застосовуються для розрахунку температурних полів у тілах канонічної форми (пластини, паралелепіпеди, кулі, циліндри та циліндричні оболонки) за визначених граничних умов і незмінності теплофізичних характеристик матеріалів. Існує ряд приблизних аналітичних методів, які дозволяють істотно спростити розрахунки

при задовільній точності результатів, наприклад, для аналізу температурного поля пластини з локальними джерелами.

Застосування чисельних методів передбачає поєднання вже відомих програмних модулів з оригінальним програмним забезпеченням. Проблеми, яким слід приділити увагу при цьому — автоматизована генерація сітки для МСЕ в областях складної форми і формулювання граничних умов. Для цього доцільне використання експертної системи при підготовці інформації та описі досліджуваної конструкції.

Таким чином, створення підсистеми теплового моделювання в САПР РЕА передбачає таке програмне забезпечення: набір модулів для аналітичного розв'язання теплових рівнянь; пакет програм для розв'язання системи лінійних рівнянь; пакет програм для МСЕ; генератор моделей. У програмних модулях повинні використовуватися універсальні структури даних для автоматизованого синтезу моделі та її розрахунку за універсальними програмами.

Під час формування моделі має застосовуватися експертна система, яка за формалізованим описом конструкції конкретизує модель і формує керуючий пакет для її розрахунку.

Нині розроблені й випробувані розрахункові модулі; у стадії розробки — монітор САПР, який виконує функції експертної системи, що дозволить вирішити поставлені завдання в повному обсязі.

#### Список використаної літератури

1. Макаров А. Г. Концепция развития архитектуры подсистемы теплового моделирования САПР РЕА // Тез. докл. междунар. конф. САПР-92. Воронеж, 1992. С. 91—92.
2. Дульнев Г. Н. и др. Методы расчета теплового режима приборов. М., 1990. 312 с.
3. Автоматизация теплового проектирования микроэлектронных устройств средствами САПР / Под ред. В. А. Ковалю. Львов, 1988. 256 с.

Надійшла до редколегії 19.03.92

УДК 534.231.1:621.372.852

*Ю. Н. БОРОДИЙ, канд. техн. наук, ст. науч. сотр.,  
А. С. ГРИБАНОВ, асп., А. П. ЗАПУННЫЙ, ст. науч. сотр.,  
А. В. ИЗОТОВ, инж., А. В. КОЛОМЕЙКО, канд. техн. наук, науч. сотр.,  
В. Р. ЧАЙКОВСКИЙ, инж.*

#### СИСТЕМА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФИЛЬТРОВ НА ПОВЕРХНОСТНЫХ АКУСТИЧЕСКИХ ВОЛНАХ

Представлены основные технические возможности системы автоматизированного проектирования фильтров на поверхностных акустических волнах «Черемош», созданной на базе мини-ЭВМ типа СМ-4 в среде операционной системы реального времени (ОС РВ).

© Ю.Н.Бородий, А.С.Грибанов, А.П.Запунный, А.В.Изотов,  
А.В.Коломейко, В.Р.Чайковский, 1993