

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ І ПОНЯТТЯ

Предметом вивчення лекційного курсу, якщо виходити з його назви: “Автоматизація схемотехнічного проектування” є розробка радіоелектронних пристроїв за допомогою сучасних схемотехнічних комп’ютерних програм і алгоритмів автоматизованого проектування.

У основі курсу можна виділити наступні ключові поняття:

- радіоелектронні пристрої (РЕП);
- автоматизоване проектування схемотехніки.

По-перше, що ми будемо розуміти під поняттям РЕП? Взагалі існує досить загальне поняття – радіоелектронний засіб (РЕЗ).

За ознакою функціональної складності розрізняють декілька рівнів РЕЗ:

- радіоелектронний вузол;
- радіоелектронний пристрій;
- радіоелектронний комплекс;
- радіоелектронна система.

Найменшою складністю відрізняються функціональні радіоелектронні вузли. Приклади: генератори, модулятори, підсилювачі, детектори, тригери, логічні елементи І-НІ, АБО-НІ і ін. У їх склад, у свою чергу, входять “будівельні цеглини” – електронні компоненти: транзистори, напівпровідникові діоди, резистори, конденсатори, напівпровідникові структури і тому подібне.

Складнішими є радіоелектронні пристрої, які є функціонально закінченою складальною одиницею, виконаною на несучій конструкції, яка реалізує функції передачі, прийому і перетворення інформації. Приклади: тракт НВЧ- або ВЧ- приймача, тракт НЧ, реєстри, лічильники, дешифратори, АЦП, ЦАП, суматори, мікропроцесори, мікроконтролери та ін.

І, нарешті, найскладніші по виконуваних функціях – це радіоелектронні комплекси і системи. Приклади: радіовимірювальні комплекси, керовані по радіо системи, системи наведення, системи стеження та ін.

По-друге, в чому основа процесу проектування РЕЗ (поки не автоматизованого)? Вона полягає в розробці конструкцій і технологічних процесів виробництва нових РЕЗ, які повинні з мінімальними витратами і максимальною ефективністю виконувати задані їм функції в необхідних умовах.

Слід підкреслити, що в результаті проектування створюються нові, досконаліші РЕЗ, які відрізняються від своїх аналогів і прототипів використанням нових фізичних явищ і принципів функціонування, досконалішої елементної (компонентної) бази, покращених конструкцій, прогресивних технологій і тому подібне. Для цього недостатньо створити досконалішу апаратуру, її ще необхідно оптимізувати по широкому спектру показників: функціональних, конструкторсько-технологічних, експлуатаційних і економічних. Вочевидь, що при рішенні цієї задачі розробники стикаються з необхідністю проаналізувати велику кількість варіантів, причому у міру зростання складності апаратури, що розробляється, кількість таких варіантів катастрофічно зростає. Ця ситуація отримала назву «Тиранії альтернатив» і призводила до затягування створення нових РЕЗ на довгі роки.

Все це дало потужний поштовх для інтенсивного розвитку нової технології проектування РЕЗ із застосуванням математичних методів і засобів обчислювальної техніки, комплексної автоматизації проектних робіт, що дозволило замінити макетування і натурне моделювання математичним моделюванням з використанням методів багатоваріантного проектування і оптимізації. Головним засобом автоматизації проектування є персональні ЕОМ (комп'ютери) і керовані ними технічні засоби.

Тепер дамо визначення терміну «автоматизоване проектування» в широкому сенсі цього слова:

це науково-технічний напрям, який полягає в застосуванні поєднання досягнень обчислювальної математики, теорії проектування і засобів

обчислювальної техніки до завдань проектування реальних об'єктів тієї або іншої фізичної природи.

Підкреслимо, що в нашому курсі йдеться про автоматизоване проектування, тобто про комп'ютерне проектування за участю людини. Автоматичне проектування (без участі людини), в повному об'ємі, від формулювання технічного завдання (ТЗ) до створення проектної технічної документації, на сучасному рівні розвитку в загальному випадку неможливо. Хіба лише в разі дуже простих проектів, оскільки це творчий процес, доступний лише людині.

Тому зараз прийнято говорити про проектування як системну креативну (тобто творчу) людську діяльність. Ця діяльність, результат якої завжди залежить від особи, що виконує цей проект, від її інтелекту, професіоналізму, досвіду і, нарешті, успіху!

Ось декілька прикладів реальних об'єктів проектування з області енергетики, радіотехніки і електроніки:

- проектування високовольтних електричних мереж, теплових і атомних електростанцій;
- проектування радіотехнічних систем і пристроїв, у тому числі систем дистанційного екологічного і енергетичного моніторингу, складних електронних схем;
- трасування друкарських плат і ін.

Особливо інтенсивний розвиток автоматизоване проектування отримало в радіoeлектроніці. Це пояснюється наступними основними причинами:

По-перше, необхідністю розробки складних ІМС з високою мірою інтеграції – ВІС (великих інтегральних схем) і НВІС (надвеликих ІМС), коли кількість елементів (компонентів) досягає декількох мільйонів на одному кристалі. Наприклад, на початку 2008 року компанія INTEL анонсувала надмініатюрний процесор “Atom”. Ядро цієї НВІС площею 25 мм² вміщає в

себе 47 мільйонів транзисторів, при цьому тактова частота складає приблизно 2 ГГц.

По-друге, високою економічною ефективністю методів автоматизованого проектування ІМС, оскільки для них вартість проектування складає значну долю загальних витрат на виробництво.

В даний час в теорії автоматизованого проектування (АП) стосовно радіоелектроніки виділяють п'ять функціональних рівнів проектування, які створюють наступну ієрархію:

- перший рівень – рівень автоматизованого структурного проектування (АСтП);
- другий рівень – рівень автоматизованого функціонально-логічного проектування (АФЛП);
- третій рівень – рівень автоматизованого проектування схемотехніки (АСхП);
- четвертий рівень – рівень автоматизованого компонентного проектування (АКП);
- п'ятий рівень – рівень автоматизованого конструкторсько-технологічного проектування (АКТП).

Ці рівні розрізняються перш за все сутністю вирішуваних завдань і витікаючою звідси відмінністю математичних апаратів. Так на рівні АСтП займаються більшою мірою системотехнічним проектуванням; наприклад, розробкою принципів побудови радіовимірювальних і керованих по радіо систем, а також систем і мереж телекомунікацій, при цьому широко застосовуються теорія ігор, теорія масового обслуговування, математичний апарат чисельних методів, статистичне моделювання.

У АФЛП займаються, наприклад, розробкою на функціонально-логічному рівні радіопередавальних і радіоприймальних пристроїв, а також цифрових автоматів різної функціональної складності, при цьому широко використовуються спектральний аналіз, теорія цифрових автоматів, логічна математика і чисельні методи моделювання і перетворення сигналів.

У АСхП розробляють складні електронні пристрої і вузли, для чого широко використовують теорію електричних ланцюгів із зосередженими параметрами разом з чисельними методами вирішення звичайних диференціальних рівнянь.

У АКП розробляються нові пасивні і активні компоненти, у тому числі пристрої на розподілених структурах і з використанням нових фізичних принципів, наприклад, пристрою на поверхневих акустичних хвилях (ПАХ), на приладах із зарядовим зв'язком та ін. Для цього широко застосовуються методи математичної фізики і фізики твердого тіла, а також чисельні методи вирішення рівнянь в частинних похідних.

Нарешті, в АКТП займаються конструкторсько-технологічним проектуванням; тут використовуються математичні апарати теорії ухвалення рішень, направлених графів, а також багатокритерійні підходи до конструювання.

Надалі в нашому курсі в основному викладатимуться питання, пов'язані з третім функціональним рівнем, тобто АСхП, і головним чином з комп'ютерним моделюванням електричних схем.