

ВСТУП

Незважаючи на інтенсивний розвиток числових методів обчислювальної математики та сучасних комп'ютерних засобів моделювання значення аналітичних методів аналізу електротехнічних та радіоелектронних пристроїв у жодному разі не зменшується. Розробник таких пристроїв, застосовуючи сучасні потужні обчислювальні засоби, ще й намагається використовувати інформацію про аналітичну природу задачі, яку він розв'язує. Запис аналітичної залежності характеристик аналізованого об'єкта від параметрів його елементів надає процесові проектування цілеспрямованості, прискорює пошук оптимального варіанта розв'язання і в результаті підвищує ефективність проектних процедур.

Останні 10–15 років характеризуються значним розвитком символічних методів та їх використанням під час проектування тих чи інших технічних пристроїв та систем. Насамперед це пов'язано зі впровадженням у практику математичних досліджень для проектування таких програм символічної математики, як Mathcad, MATLAB, Mathematica [14, 22, 56, 72, 93] та ін. Поява таких програм наочно продемонструвала шлях розвитку засобів проектування, зокрема електротехнічних та радіоелектронних пристроїв: від наближених “ручних” формульних розрахунків за допомогою логарифмічної лінійки та таблиць через “точні”, але числові розрахунки за допомогою електронних цифрових обчислювальних машин до необхідно точних та швидких символічних розрахунків, виконаних на сучасних персональних комп'ютерах за допомогою предметних програмних засобів символічного моделювання.

Сьогодні став очевидним той факт, що об'єднання доробку математиків попередніх століть у галузі “формульних” символічних розв'язувань задач, які виникають у суспільстві, зі швидкісними можливостями числових обчислень за допомогою цифрових обчислювальних машин зробило можливим створення сучасних потужних точних символічних засобів комп'ютерного розв'язування надскладних сучасних задач символічних обчислень, зокрема під час автоматизованого проектування електротехнічних та радіоелектронних вузлів та пристроїв.

Спеціалісти зі створення САПР, зокрема САПР радіоелектронної апаратури (САПР РЕА), розуміючи обмеженість тільки числових обчислень та наближаючи еру можливостей символічних обчислень, з 70-х років минулого століття розвивали символічні методи моделювання такої апаратури. Однак ці методи давали змогу розв'язувати тільки окремі задачі проектування, тому

вони не могли охопити усіх потреб обчислень у символічному вигляді. У цьому, можливо, й була одна з причин недостатньої ефективності використання САПР РЕА того часу загалом.

Не слід також думати, що з появою згаданих програм символічної математики усі проблеми у галузі символічних обчислень під час автоматизованого проектування пристроїв та вузлів знімаються самі собою. Але ці засоби дають можливість створювати потужні символічні методи, реалізовувати їх у вигляді потужних предметних програм символічного моделювання, які по суті є оболонкою програм символічної математики, і за їхньою допомогою на якісно вищому рівні розв'язувати конкретні задачі проектування електротехнічних та радіоелектронних вузлів та пристроїв. Так, наприклад, у середовищі MATLAB мовою MATLAB почали створювати програми для розв'язування конкретних задач з проектування на основі символічних розрахунків. Звернення до цих програм організують спеціально створеними операторами-функціями за допомогою засобів мови MATLAB. Означений підхід до створення програмних засобів САПР відкриває шлях до використання ними усіх можливостей з символічних обчислень MATLAB та значної економії часу, необхідного для їх створення. З іншого боку, зрозуміло, що таким шляхом інтегрувати символічні методи у професійні САПР не завжди доцільно, але, на нашу думку, глибокі наукові дослідження символічних методів можуть бути виконані. Такий підхід і покладено у основу проведених досліджень та написання цієї монографії, присвяченої символічному аналізу лінійних електричних кіл у частотній області.

Лінійні електричні кола залежно від наявності в них елементів: а) з винятково постійними параметрами; б) з постійними та змінними у часі параметрами поділяють на два класи кіл: кола з постійними та кола зі змінними параметрами відповідно. Останні, якщо параметри елементів змінюються періодично, називають параметричними колами. Про такі лінійні електричні кола з постійними та періодично змінними у часі параметрами їх елементів і йдеться у монографії.

За допомогою декількох студентів-дипломників та зусиллями двох аспірантів протягом десятка років нам вдалось провести низку наукових експериментів, розробити методи та створити у середовищі MATLAB програмні засоби (пакет підпрограм SAPS, систему функцій MAOPCs [116]) символічного аналізу усталених режимів лінійних параметричних кіл у частотній області. Ми далекі від думки, що ці засоби досконалі, але все ж таки вони являють собою завершений результат певних наукових досліджень і дають змогу достатньо ефективно проводити частотний символічний аналіз

характеристик, аналіз допусків та оптимізацію лінійних параметричних кіл з періодично змінними у часі параметрами. Можемо гордитись, що за допомогою розроблених програм вперше отримано та досліджено частотні символічні вирази передавальних функцій різноманітних лінійних параметричних кіл. Серед них параметричні синхронні детектори, модулятори, генератори сигналів, перетворювачі частоти, одноконтурний та двоконтурний параметричні підсилювачі тощо. Створені методи й програмні засоби дали змогу побудувати частотні символічні моделі лінійних параметричних кіл у вигляді системи лінійних алгебраїчних рівнянь. А це означає, що їх можна дослідити за допомогою різноманітних існуючих підпрограм, призначених для аналізу лінійних кіл з постійними параметрами. На наш погляд, цей факт сам по собі важливий і заслуговує на увагу.

З іншого боку, тема монографії актуальна ще й тому, що в останні роки особливо підвищився інтерес до засобів моделювання параметричних кіл, оскільки такі кола все ширше застосовуються в сучасних електротехнічних та радіотехнічних системах, а також завойовують нові галузі застосування, зокрема комп'ютерну та лазерну техніку, а також техніку моделювання поведінки живих організмів.

Метою монографії є поширення частотних символічних методів аналізу кіл з постійними параметрами на моделювання усталених режимів лінійних кіл зі змінними параметрами, що у процесі їх проектування забезпечує можливість виявлення в аналітичному вигляді зв'язків між результатами аналізу та параметрами компонентів кола і поданих сигналів. Це, своєю чергою, робить процес проектування параметричних кіл більш цілеспрямованим та якісно змістовним.

Однак для досягнення цієї мети необхідно подолати труднощі, які полягають у необхідності пошуку символічних розв'язань звичайних лінійних диференціальних рівнянь з періодично змінними у часі коефіцієнтами. Ці труднощі свого часу й призупинили на декілька десятиліть розвиток частотних символічних методів аналізу лінійних параметричних кіл. Необхідність подолання означених труднощів й спонукала нас скерувати зусилля на створення ефективних методів символічного розв'язування таких рівнянь, що й привело до розвитку теорії символічного аналізу усталених режимів лінійних параметричних кіл у частотній області. Тому й маємо надію, що у монографії певною мірою вирішено суперечність між зростаючими потребами практики проектування параметричних кіл і незадовільним станом теоретичних засад їх символічного аналізу. Наскільки це нам вдалось, судити Вам, читачу.