

УДК 621.3

ВИКОРИСТАННЯ МАКРОМОДЕЛЕЙ БАГАТОПОЛЮСНИКІВ У СЕРЕДОВИЩІ САПР

Б. Мельник, М. Жовтанецький, С. Троханяк

*Львівський національний університет імені Івана Франка
пр. Свободи, 18, 79008, Львів, Україна
melb@franko.lviv.ua*

Окреслено проблему використання математичних макромоделей багатополіусників під час дослідження електричних кіл за допомогою САПР. Визначено загальний вигляд макромоделі динамічного багатополіусника. Сформульовано вимоги до програмної надбудови до САПР. Розглянуто підходи адаптації макромоделей у середовища різних систем проектування.

Ключові слова: макромодель, САПР, багатополіусник, програмна оболонка.

Сучасні електронні та електричні кола складаються з великої кількості складних як за внутрішньою структурою, так і за функціональними характеристиками елементів. На схемному рівні вони представлені як багатополіусники з багатьма входами та багатьма виходами. Суттєвою ознакою є високий ступінь інтеграції різних за фізичними принципами функціонування (електричними, електромеханічними, магнітними, оптичними, тощо) і природою використовуваних сигналів (аналогових і цифрових) компонент. Усе це ускладнює, а інколи навіть унеможливує проектування чи дослідження кіл за допомогою класичних фізико-топологічних методів. У цій ситуації допомагають методи математичного макромодельовання [1, 4].

Суттю макромодельовання є побудова таких моделей, які відображають зовнішню поведінку модельованого об'єкта, без опису його внутрішніх процесів. Зазвичай при такому підході математичні співвідношення спрощені, проте доволі точно відтворюють функціональні властивості об'єкта. У випадку багатополіусної компоненти електронного чи електричного кола макромодель найчастіше описує співвідношення між сигналами на зовнішніх полюсах.

Очевидно, що на сучасному етапі розвитку схемотехніки проектування і дослідження електронних кіл неможливе без їхнього комп'ютеризованого аналізу і симуляції. А тому природним є намагання застосувати методи макромодельовання у практичній роботі з САПР. Питання, пов'язані з цією проблемою, розглядають у низці праць, зокрема [1, 2, 5, 7, 8]. Ми мали на меті узагальнити головні підходи до її розв'язування.

Макромоделі багатополіусних елементів електронних кіл. Макромодель багатополіусника у загальному випадку можна записати як такий функціонал [1, 3]:

$$\Phi(\mathbf{u}, \mathbf{y}, \mathbf{x}) = 0, \quad (1)$$

де \mathbf{u} – вектор величин сигналів на вхідних полюсах (вхідні сигнали); \mathbf{y} – вектор величин сигналів на вихідних полюсах (вихідні сигнали); \mathbf{x} – вектор формальних змінних, які зазвичай характеризують певний стан багатополісника.

Якщо багатополісник динамічний, то вектори $\mathbf{u}, \mathbf{y}, \mathbf{x}$ мають змінні у часі компоненти. Тоді значення функціонала (1) визначають у конкретний момент часу; сам функціонал тоді можна записати за допомогою як неперервних у часі, так і дискретних функцій. Переваги під час побудови мають дискретні функції [4], але для використання у САПР більше придатні неперервні у часі [7].

Вигляд функціонала може бути різним [1]. На наш погляд, значні переваги над іншими мають макромоделі типу рівнянь стану. Зокрема, такою є ефективна процедура ідентифікації параметрів цих моделей [4].

У неперервному випадку макромодель у просторі змінних стану має вигляд

$$\begin{aligned}\dot{\mathbf{x}}(t) &= f(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)), \\ \mathbf{y}(t) &= g(\mathbf{x}(t), \mathbf{u}(t)),\end{aligned}\tag{2}$$

де $\mathbf{u}(t), \mathbf{y}(t), \mathbf{x}(t)$ – вектори, відповідно, вхідних, вихідних сигналів і змінних стану, залежних від часу t .

Для дискретного випадку макромодель записують у такому загальному вигляді:

$$\begin{aligned}\mathbf{x}^{(k+1)} &= F(\mathbf{x}^{(k)}, \mathbf{u}^{(k)}), \\ \mathbf{y}^{(k)} &= G(\mathbf{x}^{(k)}, \mathbf{u}^{(k)}), k = 0, 1, 2, \dots,\end{aligned}\tag{3}$$

де $\mathbf{u}^{(k)}, \mathbf{y}^{(k)}, \mathbf{x}^{(k)}$ – вектори відліків, відповідно, вхідних, вихідних сигналів і змінних стану, отриманих у k -й момент часу.

Адаптація макромоделі у САПР. САПР, як інструменти передусім інженерного застосування, налаштовані на використання класичних методів. У електротехніці це, насамперед, фізико-топологічні методи проектування й аналізу електричних кіл з використанням традиційного набору базових елементів, головню двополісних. Тому є проблема впровадження у середовище САПР математичних моделей, які відтворюють зовнішні характеристики багатополісників без фізичної суті внутрішніх процесів.

З аналізу виразів (2) чи (3) видно, що макромодель багатополісника пов'язує математичними співвідношеннями між собою низку змінних. На підставі топологічних методів ці співвідношення часто не можна пояснити. Крім того, макромоделі містять формальні змінні, фізична суть яких не завжди очевидна. А отже, необхідно застосовувати процедуру адаптації математичної макромоделі до середовища САПР. Розглянемо її суть.

Оскільки САПР – це програмний засіб, то всі елементи, які використовують під час проектування електричних схем, описані за допомогою внутрішньосистемної мови програмування. Саме цією мовою необхідно описати багатополісний елемент кола, відображений макромоделлю. Для цього математичний запис транслюють у програмний код. Необхідною умовою такої трансляції є створення програмно-інформаційної оболонки. Головні її завдання

такі. По-перше, автоматизувати процес генерації коду. По-друге, інтегрувати опис макромоделі у бібліотеку базових елементів САПР.

Залежно від типу САПР внутрішні мови програмування мають різні ступені деталізації, різні можливості інтеграції з системами програмування високого рівня, а також різні вимоги щодо інтерпретації фізичної суті формальних змінних. Тому для кожної САПР необхідно розробляти свою, програмно-інформаційну оболонку, хоча принципові засади для всіх спільні. Окремі з них розглянуто у [2]. У праці [6] запропоновано оригінальний підхід стосовно фізичної інтерпретації змінних стану.

З погляду сумісності з мовами програмування високого рівня САПР можна розділити на дві категорії. Першу категорію, до якої належать такі пакети, як PSpice та Electronics Workbench, характеризує відсутність вмонтованої мови програмування високого рівня. Пакети іншої категорії, наприклад Simploter, навпаки, орієнтовані на використання стандартних мов програмування, таких як C/C++ [8]. Для кожної з цих категорій потрібно використовувати свої підходи щодо реалізації принципів побудови програмно-інформаційної оболонки.

Впровадження макромоделі у середовище PSpice. Для пакета PSpice, у якому нема передумов створення програмно-інформаційного інтерфейсу між макромоделлю, і САПР необхідно створити окрему програмну надбудову (рис.1).

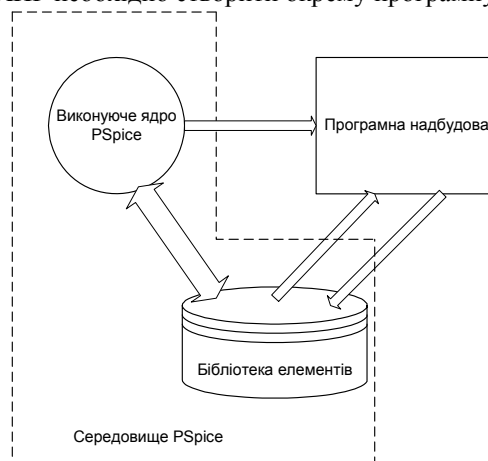


Рис. 1. Взаємодія програмної надбудови і САПР PSpice.

Надбудова виконує такі головні функції: забезпечує інтерактивний опис макромоделі через визначення її структури і параметрів, трансформує математичну макромодель у фізично інтерпретовану схемну модель компоненти [6], трансліює моделі внутрішньою мовою САПР, автоматизує процедуру поповнення системних бібліотек елементів.

Інтерактивний режим роботи надбудови реалізується через зручний графічний інтерфейс, елемент якого зображено на рис. 2.

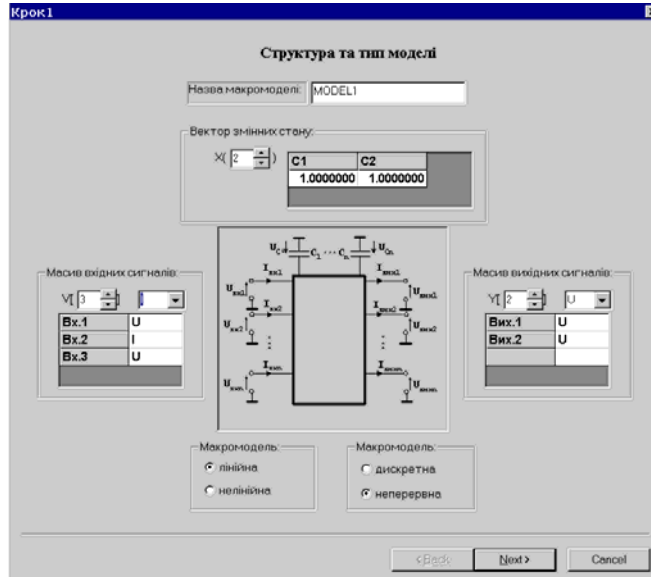


Рис. 2. Екранна форма для визначення структури і параметрів макромоделі.

Апробація цього підходу висвітлена у низці праць, зокрема [2, 5, 7].

Впровадження макромоделі у середовище Simplorer. Пакет Simplorer має розвинутий програмний інтерфейс, який ґрунтується на мові високого рівня С. Він дає змогу використовувати у середовищі САПР різні типи моделей елементів електричного кола, зокрема, математичні макромоделі.

Макромодель записують у текстовий файл, відокремлений від середовища САПР. Тому нема потреби узгодження макромоделі з системною бібліотекою елементів. У процесі дослідження схеми електричного кола за допомогою С-інтерфейсу макромоделі інтегрується з іншими компонентами. Так створюється так звана схемна модель, яку остаточно опрацьовує ядро САПР (рис. 3).

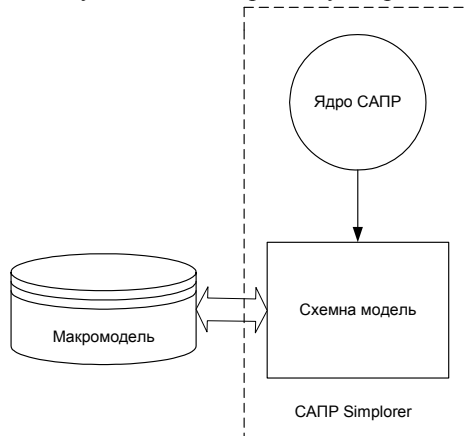


Рис. 3. Взаємодія макромоделі і САПР Simplorer.

У [8] наведено деталі роботи пакету Simplorer і наведено приклад використання макромоделі.

Отже, обидва розглянуті підходи мають право на широке використання у практичній роботі. Можна передбачити, що з наступним розвитком САПР вони трансформуються у єдине ціле.

1. *Матвійчук Я.М.* Математичне моделювання динамічних систем: теорія та практика. Львів, 2000.
2. *Мельник Б., Троханяк С.* Використання методів моделювання під час комп'ютеризованого аналізу електронних кіл // Спільна українсько-польська школа-семінар „Актуальні проблеми теоретичної електротехніки: наука і дидактика”. Jawor-Solina, 2000. С. 107–109.
3. *Мельник Б.* Застосування моделей типу вхід-вихід для опису складних динамічних систем // Фінансово-кредитне регулювання ділової активності господарюючих суб'єктів: Наук. зб. Львів, 2002. Спецвип. 11. С. 443–449.
4. *Стахів П.Г.* Анализ динамических режимов в электронных схемах с многополюсниками. Львов, 1988.
5. *Стахів П., Мельник Б., Троханяк С.* Розрахунок електронних кіл з інтегральними схемами, описаними дискретними макромоделями // Теор. електротехніка. – 2002. Вип. 56. С. 3–9.
6. *Стахів П.Г., Мельник Б.К., Троханяк С.Р.* Використання макромоделей багатополіусників під час дослідження електронних кіл за допомогою САПР // Електроніка і зв'язь. 2000. №9. С. 86–88.
7. *Melnyk B., Trokhaniak S.* Construction of Schematic Models of Multipoles for CAD System / Proc. of IVth International Workshop “Computational Problems of Electrical Engineering”. Zakopane, 2002. P. 63–66.
8. *Melnyk B., Trokhaniak S.* Simplorer modeling with mathematical models / Proc. of the International Conference TCSET'2004. Lviv-Slavsko, 2004. С. 570–572.

USE OF MACROMODELS OF MULTIPOLES IN ENVIRONMENT CAD

B. Mel'nyk, M. Zhovtanets'ky, S. Trokhanyak

*Ivan Franko National University of Lviv,
Svoboda av. 18, UA-79008, Lviv, Ukraine
melb@franko.lviv.ua*

The problem of the use of mathematical macromodels of multipoles in research of electric circuits by means of CAD. The general type of macromodel of dynamic multipole is determined. The requirements are formulated to CAD program building. Approaches of adaptation of macromodel in different CAD environments.

Key words: macromodel, CAD, multipole, program shell.

Стаття надійшла до редколегії 01.03.2004

Прийнята до друку 04.06.2004