

ПЕРЕДМОВА

До символічних методів аналізу електричних кіл належать методи, за якими формують вирази вихідних сигналів чи передавальних функцій кіл залежно від параметрів їхніх елементів, частоти сигналів, часу тощо. Здавалось би, що будь-який метод аналізу кіл можемо назвати символічним, оскільки, врешті-решт, вони усі передбачають визначення результату за зміни параметрів елементів кола. Однак символічними методами, на відміну від числових, вважають методи, що передбачають наявність вихідних даних у аналітичному вигляді, використовують алгебраїчні дії, символічне інтегрування чи диференціювання, підстановку одних виразів до інших, спрощення формул і, як наслідок, формують результат в аналітичному вигляді за відсутності похибок обчислень.

На розвиток символічних методів аналізу лінійних кіл з постійними параметрами найбільше уваги спеціалісти звертали у 70–80-ті роки минулого століття. Складені програми хоча й були реалізовані для комп'ютерів того часу, але дали змогу якісно оцінити використані відомі методи, визначити напрямки їх вдосконалення чи запропонувати нові символічні методи. На нашу думку, проблему символічного аналізу лінійних кіл з постійними параметрами зусиллями й українських науковців зокрема детально досліджено та здебільшого вирішено.

Інший стан справ з методами символічного аналізу лінійних кіл, параметри яких у часі змінюються. Погляд на такі методи дослідження лінійних кіл зі змінними параметрами у частотній області вдало, на нашу думку, подано у [59] і мовою оригіналу є таким: “Спектральные методы исследования ... линейных систем с постоянными параметрами, хорошо известные инженерам, могут быть перенесены и на системы с переменными параметрами. Основанием для подобного утверждения служит линейность как основное свойство упомянутых двух подклассов систем. Однако изменение параметров накладывает на методы исследования нестационарных систем ... ряд особенностей, зачастую труднопреодолимых и уж, во всяком случае, усложняющих практические расчеты”. З такого, зрозумілого для спеціалістів, погляду випливають причини, які змусили автора написати цю монографію.

Першою причиною стало намагання дати чітку відповідь на питання: як згадане перенесення зробити найвдаліше. Не секрет, що існують роботи, які настільки ускладнюють сприйняття матеріалу, що роблять його використання недоцільним не тільки для розуміння процесів, що відбуваються у колі, але, що є значно важливішим, не дають змоги створити прості, а, отже, й ефективні алгоритми та відповідні до них комп'ютерні програми.

Друга причина полягала у конкретизації особливостей, що накладаються на методи дослідження, використання таких методів дослідження, які б розглядали мінімальну кількість особливостей, – зрозумілих, простих та зручних для реалізації їх у вигляді тих самих алгоритмів та програм. В ідеалі ці особливості не мають виключати можливості розрахунку та аналізу кіл зі змінними параметрами за допомогою програмного забезпечення, створеного для аналізу кіл з постійними параметрами. І, нарешті, такі особливості в жодному разі не повинні бути важкими для сприйняття, а навпаки, мають бути легко зрозумілими для спеціалістів з досвідом розроблення кіл, параметри яких постійні і не змінюються в часі. Автор монографії має надію, що йому це вдалось. Така авторська впевненість і стала вирішальною причиною створення цієї монографії.

Перші статті [73, 77, 82], що розкривали зміст запропонованого підходу, автор опублікував у далекі 1996 та 1998 роки. В них вперше після опублікування у ще більш віддаленому 1950 році рівняння Л.А. Заде [113] запропоновано це рівняння розв'язувати простим і зрозумілим для радіоінженерів способом. У математичному сенсі цей спосіб належить до класу методів гальоркінського типу [32, 66]. Отже, рівняння Л.А. Заде, використання якого переводить дослідження параметричного кола з часової області у частотну, хоча й опубліковане ще 1950 р., але практичних методів і результатів його розв'язування не запропоновано до згаданих робіт 1996–1998 рр. І тільки застосування запропонованого нами методу розв'язування рівняння Л.А. Заде, на нашу думку, дало можливість вирішити проблему символного аналізу лінійних параметричних кіл у частотній області на належному рівні. Надалі цей метод отримав назву “частотний символний метод” [73, 77]. До його розвитку долучились д-р техн. наук, проф. Б.А. Мандзій [78, 87, 108, 109], аспіранти С.В. Маньковський [39, 74, 78, 84, 85, 108, 109] та Д.Р. Бачик (Смаль) [81, 88]. Згодом частотний символний метод став основою для розв'язування низки задач із символного багатоваріантного аналізу та оптимізації лінійних

параметричних кіл. Власне, взяте за основу у частотному символному методі, рівняння Л.А. Заде забезпечило розвиток пропонованої теорії символного аналізу лінійних кіл як зі змінними, так і з постійними параметрами, оскільки це рівняння перетворюється на класичний алгебраїчний вираз для передавальної функції кола, коли змінні параметри кола вважати постійними. Ще один наш вдалий крок полягав у застосуванні до апроксимації передавальних функцій кіл тригонометричного полінома Фур'є. Не можемо переоцінити вдалість цього кроку, оскільки він не тільки дав змогу ефективно розв'язувати рівняння Л.А. Заде, але й значно спростив і зробив прозорою, зручною та ефективною оцінку асимптотичної стійкості кіл зі змінними параметрами [78, 80, 86].

Останньою перевагою наших праць того часу є те, що символні розрахунки під час розв'язування таких задач запропоновано проводити у середовищі символного процесора, зокрема програми MATLAB. З одного боку, це зробило реальним формування достатньо громіздких символних алгебраїчних виразів, з іншого – забезпечило використання у наших цілях усіх можливостей символних обчислень нових версій MATLAB, що існують та з'являться на ринку у майбутньому.

Отже, частотний символний метод, що уможливив розвиток теорії символного аналізу лінійних електричних кіл зі змінними параметрами, оснований на застосуванні до розв'язування рівняння Л.А. Заде методу, що належить до класу проєкційних методів гальоркінського типу, апроксимації передавальної функції тригонометричним поліномом Фур'є та виконанні символних обчислень у середовищі, зокрема символного процесору програми MATLAB.

З того часу відбулися дискусії на національних та міжнародних науково-технічних конференціях, які, безумовно, дали змогу покращити частотний символний метод та викристалізувати його можливості, особливості та переваги.

Хочу зазначити, що цієї монографії не було б без постійної підтримки д-ра техн. наук, проф. Б.А. Мандзія, палких дискусій з доц. Т.І. Бардилою, досвіду, набутого автором у спільній роботі з д-ром техн. наук, проф. Р.В. Дмитришиним, допомоги аспірантів С.В. Маньковського та Д.Р. Бачик (Смаль), участі усіх членів кафедри радіоелектронних пристроїв та систем Національного університету "Львівська політехніка" на чолі з д-ром техн. наук, проф. І.Н. Прудисом. Окремо хочу висловити глибоку подяку своїй дружині Т.М. Черниш за терпіння та розуміння важливості роботи над цією книгою.