

УДК 621.317

СУЧАСНІ ПІДХОДИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК СКЛАДНИХ
ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Дроменко В. Б., Тарас В. С.

Київський національний університет технологій та дизайну

Мета. Вдосконалення методів аналізу параметрів елементів складних електричних кіл друкованих плат, які підвищують продуктивність вимірювальних систем і суттєво спрощують проведення такого аналізу.

Методика. Теоретичний аналіз з проблеми дослідження, положення теорії електричних кіл, математичні методи аналізу результатів експериментальних досліджень.

Результати. Проаналізовані ключові способи вимірювання характеристик складних електричних кіл і показані шляхи їх покращення.

Наукова новизна. На основі теоретичних та експериментальних досліджень запропоновані підходи оптимізації вимірювань параметрів складних електричних кіл.

Практична значимість. Результати досліджень можуть бути покладені в основу методики вимірювань параметрів складних електричних кіл і їх елементів з більшою ефективністю.

Ключові слова: багатополіусник, електричне коло, R , L , C -параметри, модель, випробувальний сигнал

Сучасне життя характеризується великою насиченістю електронних виробів як побутового, так і промислового призначення. Разом з ростом випуску зростають вимоги до якості сучасної електроніки. Контроль якості електронної продукції вимагає швидкої та вчасної діагностики на всіх етапах виробництва. В свою чергу процедура діагностики електронних виробів зводиться до вимірювання та контролю параметрів елементів, що зв'язані в складні електричні кола на друкованих платах. Не зважаючи на складність подібної процедури, основна задача полягає у контролі та вимірюванні R , L , C -параметрів окремих частин електричної схеми, а саме – двополіусника.

Основними недоліками класичних методів вимірювання R , L , C -параметрів є втручання в схему, додаткова апаратура та значний час процедури. Найкращими для застосування вимірювання та контролю є методи, що не пошкоджують елементи друкованих плат і не потребують додаткових апаратних засобів. До таких відносяться методи на базі перехідних процесів, які, крім того, дозволяють значно збільшити продуктивність систем вимірювання та контролю. Але результат аналізу такими методами може мати складну структуру і проводити його оцінку традиційними способами може бути досить складно [1].

Враховуючи вищезазначене, вдосконалення методів аналізу параметрів елементів складних електричних кіл друкованих плат, які підвищують продуктивність вимірювальних систем і суттєво спрощують проведення такого аналізу є актуальною.

Постановка завдання

Програма досліджень включала в себе:

- 1) аналіз спеціалізованих науково-технічних джерел з досліджуваної тематики;
- 2) теоретичний аналіз результатів експериментальних досліджень.

Реалізація програми досліджень виявила наступні завдання:

- 1) розробка шляхів зменшення похибки вимірювання;
- 2) виявити шляхи оптимізації інформаційно-вимірювального каналу.

Результати досліджень

При контролі характеристик складних електричних кіл, особливо при значній кількості вимірювань, необхідна значна продуктивність вимірювальних систем. Технології, що дозволяють вирішити вказану проблему із застосуванням звичайних промислових засобів вимірювання, безсумнівно, мають перевагу, особливо з перспективою діагностики виходу з ладу або значного погіршення характеристик окремих компонентів [2].

До основних способів вимірювання характеристик складних електричних кіл, можна віднести такі:

- шляхом зіставлення значень характеристик досліджуваного багатополюсного електричного кола зі значеннями характеристик його моделі;
- шляхом поелементного розчленування багатополюсного електричного кола в двополюсні з подальшим вимірюванням характеристик двополюсних електричних кіл;
- шляхом вимірювання деяких загальних характеристик електричного кола.

Відомо, що кожне багатополюсне електричне коло може стати триполюсним за допомогою комутацій [1, 2]. Щоб поелементно розчленувати двополюсні кола, трьохполюсник вмикають в особливу вимірювальну схему, де за рахунок приєднання операційних підсилювачів і випробувальних сигналів струму можна сформувати електричний режим, при якому різниця потенціалів на полюсах досліджуваного двополюсного кола або струм в ньому визначатимуться лише за допомогою його параметрів. При такому підході до двополюсника можуть бути підключені не лише окремі

прості елементи, які мають два виходи, але й складніші кола, в разі якщо існує доступ лише до двох вузлів. При цьому, основні короточасні витрати припадають на комутацію. У випадку, коли існують великі проміжки часу у досліджуваному колі основні витрати припадають на реалізацію самого вимірювального перетворення та перехідні процеси. Чим менша кількість підключених вузлів тим простішим стає процес комутації та відбувається зменшення витрат часу на спостереження. Але при такому підході схема стає складнішою і на ній з'являються складні ділянки схеми у вигляді багатоеlementних двополюсників. Загалом дослідження можуть зменшитись до оцінки n – елементного багатополусника, де n – два, три або більше.

Зазначимо, що спрощення спостережень буде можливе, якщо відома номінальна схема досліджуваних двополюсників (структура компонентів, конфігурація багатоеlementних двополюсників, номінальні R, L, C -характеристики) для контролю вузлів. Таким чином спостереження можуть бути виконані згідно з визначеними загальними параметрами, які відповідають моделі. Тобто, якщо номінальні значення, що знаходяться в межах допуску та визначаються характеристиками, які є подібними отриманим значенням характеристик, то в такому разі потреба здійснювати оцінку значущості окремих його характеристик відсутня. Це може значно збільшити ефективність системи. І тільки у випадку виходу відповіді за межі допуску, для вирішення проблеми, вимірюються окремі R, L, C -характеристики багатоеlementних двополюсників. Це досягається шляхом відокремлення з вихідного сигналу інформації про окремі характеристики R_x, L_x, C_x двополюсників будь-яким методом. Інший підхід вирішення проблеми – подальший поділ схеми на зони, використовуючи підключення до допоміжних вузлів з доступом до стандартних компонентів і визначення їх характеристик в подальшому.

Найбільшою проблемою вважається встановлення деякої довільної моделі двополюсника, яка пов'язана з його режимом і з обчисленнями. В даному випадку значна ефективність не потрібна, але, важливою є правильність вимірів. Розв'язком цієї проблеми можуть стати додаткові вимірювання і в такому разі ідентифікація моделі може змінюватись.

Часові витрати на протікання усіх процесів в каналі перетворення обумовлюються ефективністю конкретних технологій вимірюваних характеристик, а самі схеми можуть бути різними за складністю. Наразі, при використанні синусоїдальних випробувальних

сигналів найбільшим недоліком є те, що данні можуть бути отримані лише про два параметри. Для отримання даних про всі параметри для найскладніших моделей необхідно виконувати додаткові виміри, але в такому випадку вони мають вимірюватись на різних частотах і лише після завершення всіх перехідних процесів.

Проаналізуємо вибірккові зміни на основі перехідних процесів без синтезу особливої форми випробувального сигналу. Загальна структурна схема перетворення характеристик багатоелементних двополюсників електричного кола (рис. 1) містить:

- електричний генератор випробувального сигналу;
- вимірювальну (досліджувану) схему, до якої підключено багатоелементний багатополюсник;
- прилад оброблення відповіді, який надає дані про параметри багатоелементних двополюсників електричного кола.

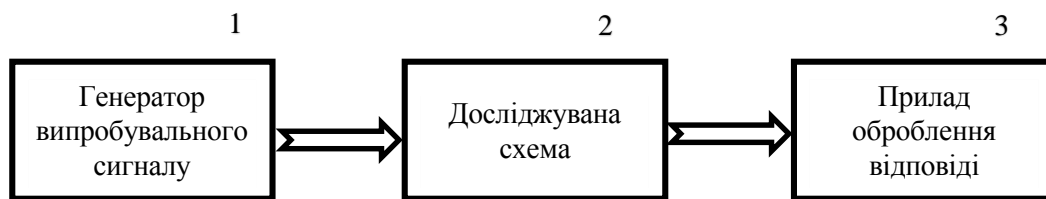


Рис. 1. Структурна схема дослідження параметрів двополюсника

Основною метою є те, щоб для реакції $Z(p, \alpha)$ досліджуваних багатоелементних двополюсників електричного кола з функцією імітанса $H(p, \alpha)$ створити сигнали спеціального типу, які б відповідали значенням характеристик для окремих двополюсників і тим самим реалізовували перетворення

$$Z(p, \alpha) = H(p, \alpha) * S_0(p),$$

де $S_0(p)$ – експериментальний сигнал;

$a = \{a_1, a_2, \dots, a_n\}$ – n -мірний вектор шуканих характеристик.

Виходячи з цього, отримуємо:

$$U_{\alpha_j} = F_j\{Z(p, \alpha)\}, j = \overline{1, n}$$

де $F_j, j = \overline{1, n}$ – оператор, за допомогою якого можливо вільно отримати данні про характеристики вимірювальних величин.

Для отримання числових оцінок характеристик $\{a_j\}_{j=1}^n$ та перетворення до зручного вигляду необхідно:

- зробити вибір випробувального сигналу та його форми;
- дослідити оператор F_j та вибрати його форму.

З цього випливає, що для полегшення перетворення оператора F_j необхідно поєднати випробувальні сигнали спеціальної форми.

Таким чином пояснюється підхід, де випробувальний сигнал обирається просто без урахування моделі багатоелементних двополюсників електричного кола. Випробувальний сигнал може бути будь-якої відтворюваної форми, наприклад ступінчастий випробувальний сигнал у вигляді індивідуальної функції [3].

З урахуванням модифікації багатоелементних двополюсників для цього сигналу виконується синтез структури пристрою обробки, який забезпечує виборче перетворення. На виходах приладу обробки отримують створювані спеціальні сигнали які є квазіпостійними напругами та пропорційні значенням показників R_x, L_x, C_x .

Висновки

Зроблений огляд основних шляхів та способів аналізу електричних елементів, які пов'язані в складні електричні кола. До них відносяться: зіставлення характеристик електричного кола та його моделі, розчленування багатополісника на двополюсники, вимірювання загальних характеристик електричного кола.

На основі проведеного теоретичного аналізу виявлені основні переваги та проблеми при реалізації кожного з методів. Для кожного з методів запропоновані підходи оптимізації інформаційно-вимірювального каналу.

Список використаних джерел

1. Шумков Ю. С. Синтез испытательных сигналов на основе экспоненциальной сплайн-аппроксимации для измерения и контроля параметров электрических цепей / Ю. С. Шумков // Электроника и связь. – 2000. – № 9. – С. 59-63.
2. Дроменко В. Б. Аналіз підходів до вимірювання характеристик складних електричних кіл / Мехатронні системи: інновації та інжиніринг : тези доповідей III-ої Міжнар. наук.-практ. конф. (10

References

1. Shumkov, Yu.S. (2000). *Syntezy ispytatelnykh sygnalov na osnove eksponentsyalnoi splain-aproksymatsyy dlia yzmereniy u kontrolya parametrov elektrycheskykh tsepei* [Synthesis of test signals based on exponential spline approximation for measuring and controlling parameters of electrical circuits] *Elektronyka y svyaz – Electronics and communications*, 9, 59-63. [in Ukrainian].
2. Dromenko, V.B. (2019). *Analiz pidkhodiv do vymiryuvannia kharakterystyk skladnykh elektrychnykh kil* [Analysis of the steps to the definition of the characteristics of folding electric cables] *Mechatronic systems: innovations and engineering: tezy dopovidei*

- жовтня 2019 р., м. Київ) – Київ : КНУТД, 2019. – С. 110-111.
3. Шелевицький І. В. Сплайни в цифровій обробці даних і сигналів. / І. В. Шелевицький, М. О. Шутко, В. М. Шутко, О. О. Колганова. – Кривий Ріг, Видавничий Дім, 2007. – 232 с.
- III-oi Mizhnar. nauk.-prakt. konf. (10 zhovtnia 2019 r.) – theses of additional ideas of the III-rd International scientific and practical conf. (October 10, 2019). (pp. 110-111). Kyiv : KNUTD [in Ukrainian].
3. Shelevytskyi, I.V., Shutko, M.O., Shutko, V.M. & Kolhanova, O.O. (2007). *Splainsy v tsyfrovii obrobtsi danykh i syhnaliv* [Splines in digital processing of data and signals]– Kryvyi Rih, Vydavnychii Dim [in Russian].

Dromenko ValeriiaORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6360-0076>dromenko.vb@knutd.edu.uaKyiv National University of
Technologies and Design**Taras Viktor**vitiataras1996@gmail.comKyiv National University of
Technologies and Design**Современные подходы оценки качества сложных электрических цепей****Дроменко В. Б., Тарас В. С.***Киевский национальный университет технологий и дизайна*

Цель. Совершенствование методов анализа параметров элементов сложных электрических цепей печатных плат, которые повышают производительность измерительных систем и существенно упрощают проведение такого анализа.

Методика. Теоретический анализ проблемы исследования, положения теории электрических цепей, математические методы анализа результатов экспериментальных исследований.

Результаты. Проанализированы ключевые способы измерения характеристик сложных электрических цепей и показаны пути их улучшения.

Научная новизна. На основе теоретических и экспериментальных исследований предложены подходы оптимизации измерений параметров сложных электрических цепей.

Практическая значимость. Результаты исследований могут быть положены в основу методики измерений параметров сложных электрических цепей и их элементов с большей эффективностью.

Ключевые слова: многополюсник, электрическая цепь, R, L, C-параметры, модель, испытательный сигнал

Modern approaches to assessing the quality of complex electrical circuits**Dromenko V. B., Taras V. S.***Kiev National University of Technology and Design*

Purpose. Improvement of methods for analyzing the parameters of elements of complex electrical circuits of printed circuit boards, which increase the performance of measuring systems and significantly simplify such analysis.

Methodology. Theoretical analysis on the research problem, the provisions of the theory of electrical circuits, mathematical methods for analyzing the results of experimental research.

Findings. *The key methods of measuring the characteristics of complex electrical circuits are analyzed and ways to improve them are shown.*

Originality. *On the basis of theoretical and experimental studies, approaches are proposed for optimizing measurements of parameters of complex electrical circuits.*

Practical value. *The research results can be used as the basis for the methodology for measuring the parameters of complex electrical circuits and their elements with greater efficiency.*

Keywords: *multipole, electrical circuit, R, L, C-parameters, model, test signal*