

УДК 621.317

Д.Є. Куліков, студент гр. ПА-91, к.т.н., доц. Ю.С. Шумков
КПІ ім. Ігоря Сікорського

КОНТРОЛЬ ПАРАМЕТРІВ СКЛАДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ

Анотація. Під час контролю електричних кіл номінальні параметри елементів заздалегідь відомі, контролюються відхилення параметрів елементів від номінальних. Це еквівалентно тому, що у випадку імпульсних випробувальних сигналів – можна контролювати відхилення відгуку за формою на елементах кола від номінального. Складні електричні кола традиційно контролюється послідовно по окремим ділянкам, що уявляють собою прості або багатоелементні двополюсники. При цьому перевагу мають методи, що забезпечують вихідні сигнали, які є уніфікованими за формою та зручними для контролю. Це спрощує контроль та дозволяє підвищити продуктивність.

Ключові слова: контроль, випробувальний сигнал спеціальної форми, багатоелементне двополюсне електричне коло, функція імітансу.

ВСТУП

За рахунок прямих вимірів під час перехідного процесу можна підвищити продуктивність систем контролю [1,2]. Випробувальні сигнали (ВС) стандартної форми, наприклад, у вигляді одиничної ступінчастої функції, легко відтворити, але для багатоелементних двополюсних R, L, C -електричних кіл (БДЕК) такі сигнали дають відгук складної форми. Це обумовлює, потрібність вимірів відгуку за формою з високою точністю та його обчислювальну обробку з метою визначення інформації о окремих R, L, C -параметрах. Тому актуальною є розробка методів, які спрощують контроль та дозволяють підвищити продуктивність.

МЕТА РОБОТИ

Метою статті є аналіз реалізації методу контролю параметрів складних електричних кіл за формою уніфікованого відгуку, зручного для контролю.

МАТЕРІАЛИ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Процес контролю складних електричних кіл складається з 2 етапів.

1 етап. Виділення двополюсника (ДП) у складної електричної схемі, в загальному випадку це БДЕК. Складне багатополюсне електричне коло (наприклад плата друкованого монтажу) за рахунок зовнішніх комутацій полюсів може бути зведено до трьохполюсного кола, де контрольований ДП – гілка цього трикутника. Це або прості одноелементні або багатоелементні R, L, C - двополюсники [1], які характеризуються $Y(s, \alpha_{x_T})$ або $Z(s, \alpha_{x_T})$.

Друга та третя гілки трикутника – шунтуючі опори $Z_{1,2ш}$, складаються з інших елементів друкованої плати. Трикутник підключається до вимірювального перетворювача «імітанс-напруга», який забезпечує спеціальний електричний режим на його полюсах. Режим заданої напруги або заданого струму через ДП, що дозволяє виділити контрольований ДП у складі трикутника, коли струм чи напруга на ДП визначаються тільки параметрами цього ДП.

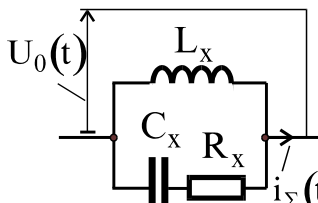
2 етап. Контроль параметрів ДП за вихідною напругою перетворювача «імітанс-напруга». Для побудови моделі ВС використовують інверсну номінальну функцію імітансу досліджуваного багатоелементного ДП [3]. Під час

контролю нулі і полюси моделі ВС компенсують полюси і нулі функції імітансу БДЕК.

Форму відгуку БДЕК за номінальних значень параметрів можна задати у вигляді ступінчастої функції. Якщо деякі нулі і полюси некомпенсовані, виникає відхилення відгуку від номінального, за яким можна проконтролювати БДЕК цілком. Таке відхилення дуже просто оцінити або проконтролювати шляхом порівняння з рівнем постійної номінальної напруги. За відхиленням відгуку можливо інваріантне визначення окремих R, L, C параметрів БДЕК.

Розглянемо трьохелементне R, L, C -коло. Синтез моделі ВС $U_{B0}(t)$, щоб одержати уніфікований відгук у вигляді ступінчастої функції струму у провідності $Y_X(s)$, наведено у табл. 1

Таблиця 1

 $Y_X(s) = \frac{s^2 + \frac{R_X}{L_X}s + \frac{1}{L_X C_X}}{R_X s(s + \frac{1}{R_X C_X})}$ $U_{B0}(s) \cdot Y_{X0}(s) = \frac{1}{s} \times I_0$ $U_{B0}(s) = \frac{R_{X0}(s + \frac{1}{R_{X0} C_{X0}}) \times I_0}{s^2 + \frac{R_{X0}}{L_{X0}}s + \frac{1}{L_{X0} C_{X0}}}$	Якщо $R_{X0}^2 C_{X0} > 4L_{X0}$ Випробувальний сигнал $U_{B0}(t) = \frac{R_{X0}}{(\alpha_{10} - \alpha_{20})} \cdot \left[(\alpha_{10} - b_0) \cdot e^{-\alpha_{10}t} - (\alpha_{20} - b_0) \cdot e^{-\alpha_{20}t} \right] \times I_0, \quad t \geq 0; \quad I_0 = \frac{U_0}{R_0};$ $\alpha_{10,20} = \frac{R_{X0}}{2L_{X0}} \pm \frac{1}{2L_{X0}} \sqrt{\frac{C_{X0} R_{X0}^2 - 4L_{X0}}{C_{X0}}};$ $b_0 = \frac{1}{C_{X0} R_{X0}}; \quad R_{X0}^2 C_{X0} > 4L_{X0}$
---	---

Розглянемо випадок, коли $R_{X0}^2 C_{X0} > 4L_{X0}$. При цьому корені характеристичного полінома у знаменнику $U_{B0}(s)$ – від’ємні дійсні, різні, тобто експоненти $U_{B0}(t)$ мають відмінні від’ємні дійсні показники степені.

Схема включення R, L, C -кола у складі трьохполюсника забезпечує режим заданої напруги на його полюсах (рис. 1). Струм через БДЕК перетворюється у напругу на виході перетворювача «імітанс-напруга».

Якщо $R_X = R_{X0}; L_X = L_{X0}; C_X = C_{X0}$, вихідна напруга дорівнює $U_{ВІХ}(s) = U_{B0}(s) \cdot Y_{X0}(s) \cdot R_0 = (1/s) \times U_0$.

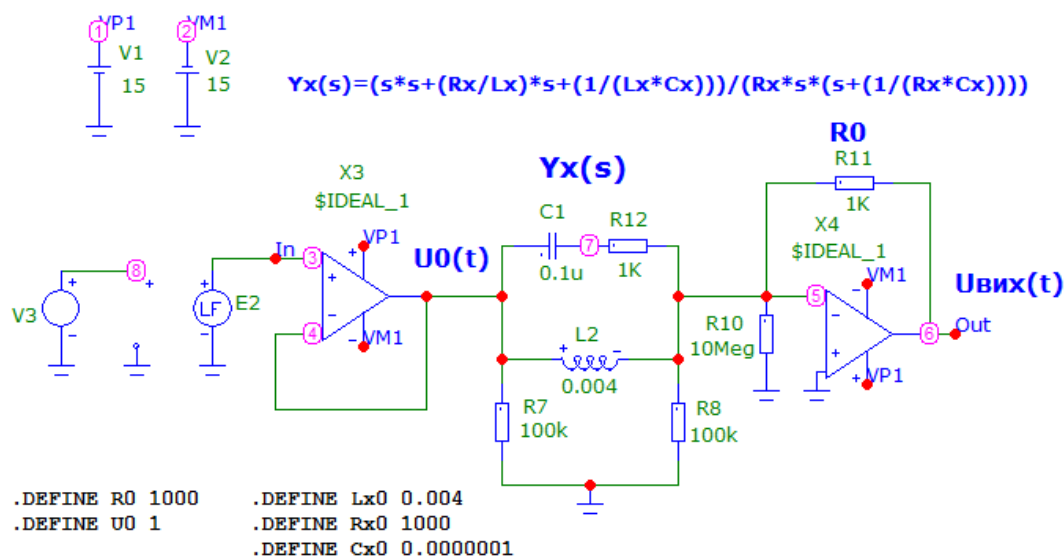


Рисунок 1. Схема включення паралельного БДЕК

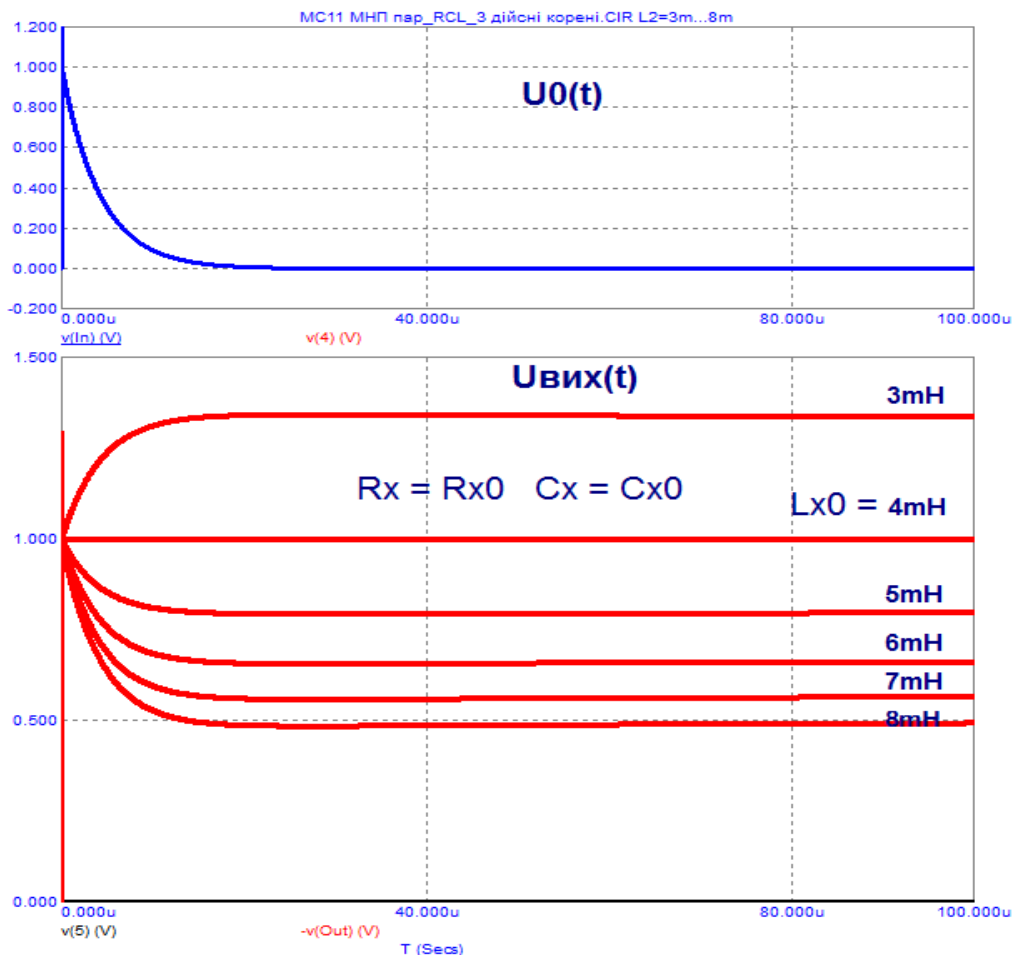


Рисунок 2. Уніфікований відгук паралельного R, L, C - двополюсника, якщо $R_x = 1k\Omega$; $C_x = 0.1\mu F$; $L_x \in [3mH; 8mH]$ – змінюється з кроком $\Delta L_x = 1mH$

Система експоненціальних ВС для контролю R, L, C – параметрів 3-х елементних БДЕК (кола 2-го порядку) наведена на рис. 3.

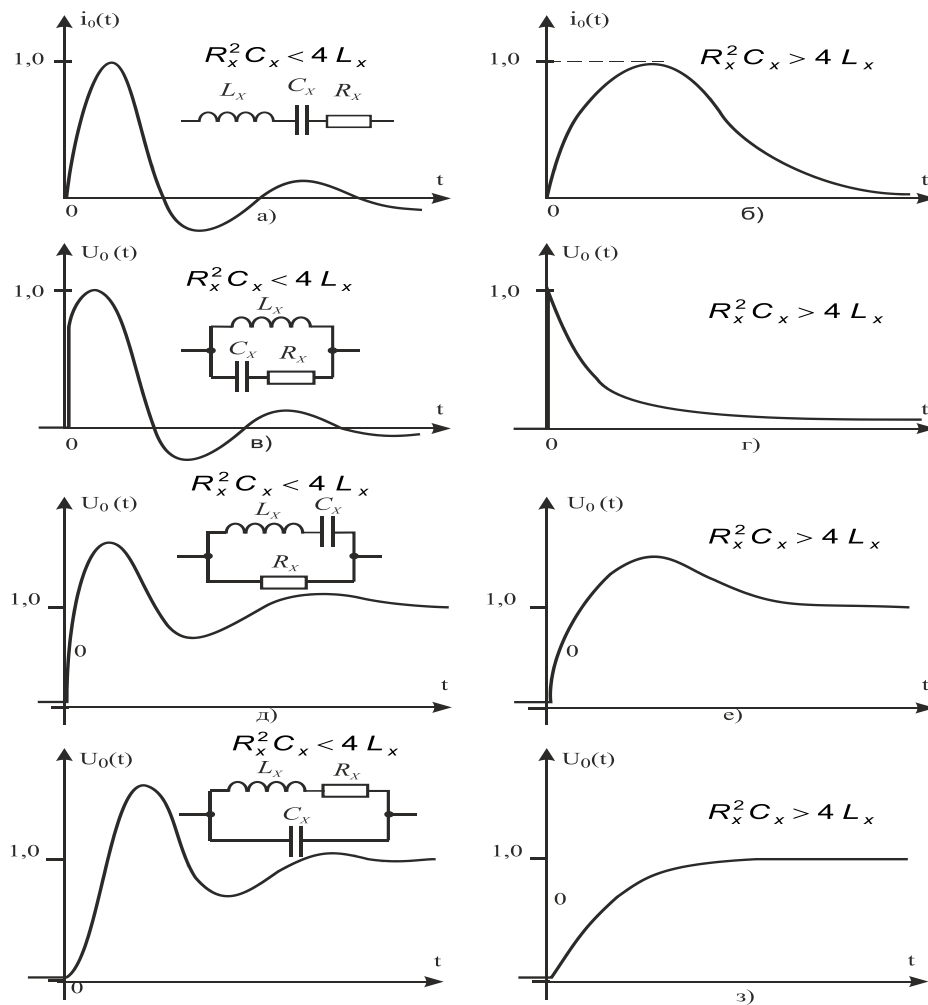


Рисунок 3. Типові експоненціальні ВС для виміру та контролю R, L, C – параметрів 3-х елементних БДЕК (кола 2-го порядку):

ВИСНОВКИ

Наведений приклад ілюструє одержання інформації про параметри складних електричних кіл другого порядку за методом нулів і полюсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] Н.П. Байда, И.В. Кузьмин, та В.Т Шпилевой, *Микропроцессорные системы поэлементного диагностирования РЭА*, М.: Радио и Связь, 1987. – 256 с.
- [2] А.И. Мартяшин, К.Л. Куликовский, С.К. Куроедов, та Л.В. Орлова, *Основы инвариантного преобразования параметров электрических цепей*, под ред. А.И. Мартяшина, М.: Энергоатомиздат, 1990. – 216 с.
- [3] Ю.М. Туз, Ю.С. Шумков, «Вимірювання та контроль параметрів складних електричних кіл за методом нулів і полюсів», *XIX Міжнародна науково-технічна конференція «Приладобудування: стан і перспективи»* Київ, Україна, ПБФ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, с. 178-179, 2020.

Наук. керівник – к.т.н., доц. Шумков Ю.С.