

# НЕСТАНДАРТНИЙ АНАЛІЗ В ТОЕ: ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В КОЛАХ 2 ПОРЯДКУ З ПОРУШЕННЯМ ЗАКОНІВ КОМУТАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Розглянуто використання математичного апарату нестандартного аналізу для аналізу перехідних процесів в електричних колах 2 порядку з порушенням законів комутації.

**Ключові слова:** нескінченно мале число, нескінченно велике число, нестандартне число, стандартне число, кола 2 порядку.

## Abstract

Application of mathematical apparatus of the non-standard analysis for analysis of transients in electric circuits of 2 order with infringement of laws of switching is considered.

**Keywords:** infinitesimal number, indefinitely large number, non-standard number, standard number, circuits of 2 order.

## Вступ

Існують електричні кола, для яких при аналізі перехідних процесів неможливе безпосереднє застосування законів комутації. Зазвичай, в таких колах застосовують узагальнені закони з використанням поточкозчеплень індуктивностей та зарядів ємностей, що суттєво ускладнює розрахунки. Втім в таких колах можливе використання і звичних законів комутації, якщо застосувати математичний апарат нестандартного аналізу.

Коротко нагадаємо аксіоматику нестандартного аналізу [1 – 3].

Нехай  $R$  – впорядкована множина дійсних чисел. Число  $\alpha$  називається *нескінченно малим числом* тоді та лише тоді, коли

$$\forall r \in R (\alpha < r). \quad (1)$$

Число  $\beta = \frac{1}{\alpha}$  називають *нескінченно великим числом*. В цьому випадку можна записати

$$\forall r \in R (\beta > r). \quad (2)$$

До нескінченно малих та великих чисел можуть бути застосовані всі алгебраїчні операції (додавання, віднімання, множення, ділення, зведення в ступінь тощо) та теореми (комутативності, асоціативності тощо).

Розрізняють нескінченно малі та великі числа різного порядку, а саме:

-  $\alpha > \alpha^2 > \alpha^3 > \alpha^k$  – нескінченно малі числа першого, другого, третього,  $k$ -го порядку;

-  $\beta < \beta^2 < \beta^3 < \beta^k$  – нескінченно великі числа першого, другого, третього,  $k$ -го порядку.

Перед тим, як перейти до застосування вищенаведених виразів для розв'язання різноманітних прикладних задач відзначимо, що не існує загальних правил вибору параметру, який доцільно прирівняти до нескінченно малого (або нескінченно великого) числа. Цей вибір здійснюється дослідником в залежності від контексту конкретної задачі. При цьому слід мати на увазі, що у випадку необхідності заміни нескінченно малими числами одразу кількох *різноманітних* параметрів однієї задачі, визначення співвідношень порядків цих чисел є зовсім непростою проблемою і вимагає, іноді, додаткових досліджень.

## Аналіз перехідних процесів в колах 2 порядку

Визначимо перехідну напругу на ємностях та струм в індуктивності в колі, що зображене на рис. 1, а.

Для забезпечення можливості використання другого закону комутації будемо вважати, що вітка з ємністю  $C_2$  містить резистор  $r_2 = \alpha \approx 0$  (рис. 1, б).

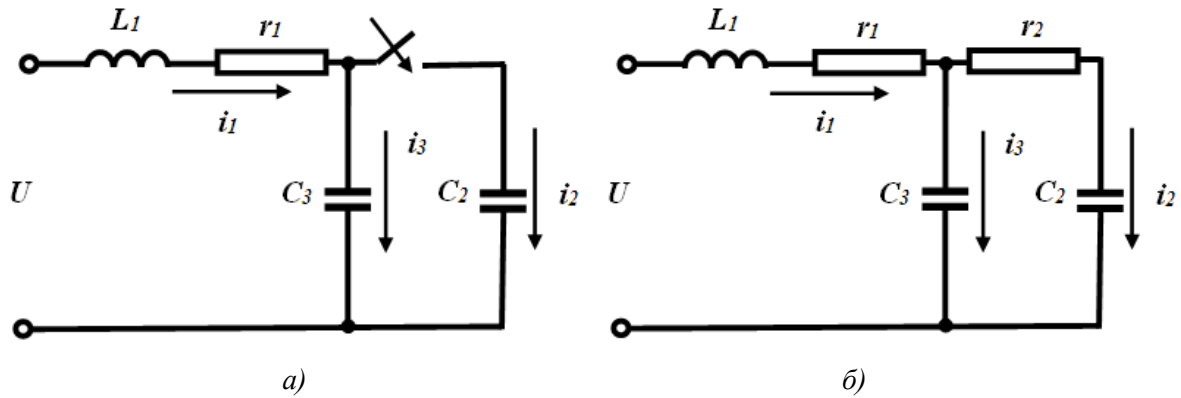


Рисунок 1 – Електричне коло 2 порядку

За методом вхідного опору

$$Z_{\text{вх}}(p) = r_1 + pL_1 + \frac{\left(r_2 + \frac{1}{pC_2}\right) \frac{1}{pC_3}}{r_2 + \frac{1}{pC_2} + \frac{1}{pC_3}} = r_1 + pL_1 + \frac{\left(\alpha + \frac{1}{pC_2}\right) \frac{1}{pC_3}}{\alpha + \frac{1}{pC_2} + \frac{1}{pC_3}} =$$

$$= \frac{r_1(\alpha C_2 C_3 p^2 + (C_2 + C_3)p) + pL_1(\alpha C_2 C_3 p^2 + (C_2 + C_3)p) + \alpha C_2 p + 1}{\alpha C_2 C_3 p^2 + (C_2 + C_3)p}$$

сформуємо характеристичне рівняння:

$$\alpha L_1 C_2 C_3 p^3 + [\alpha r_1 C_2 C_3 + L_1 (C_2 + C_3)] p^2 + [r_1 (C_2 + C_3) + \alpha C_2] p + 1 = 0. \quad (3)$$

### Висновки.

Застосування ідей та методів нестандартного аналізу в галузі теоретичної електротехніки дає можливість використовувати традиційний класичний метод аналізу перехідних процесів в колах з порушенням законів комутації.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Карпов Ю. О. Розширення області застосування символічного методу розрахунку електричних кіл за рахунок використання методів нестандартного аналізу (частина 1) / Ю. О. Карпов, С. Ш. Каців, А. В. Козловський // Вісник Інженерної Академії України. – 2013 – №1. – с. 236-239.
2. Карпов Ю. О. Розширення області застосування символічного методу розрахунку електричних кіл за рахунок використання методів нестандартного аналізу (частина 2) / Ю. О. Карпов, С. Ш. Каців, А. В. Козловський // Вісник Інженерної Академії України. – 2013 – №2. – с. 262-265.
3. Робинсон А. Введение в теорию моделей и метаматематику алгебры / Робинсон А. – М.: Наука, 1967. – 376 с.

**Самойл Шулімович Каців** – канд. техн. наук, доцент кафедри теоретичної електротехніки та електричних вимірювань, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: katsyv@ukr.net.

**Samoil Sh. Katsyv** – Cand. Sc. (Eng), Assistant Professor of Theoretical the Electrical Engineer and Electric Measurements, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: katsyv@ukr.net.