

НЕСТАНДАРТНИЙ АНАЛІЗ В ТОЕ: ПЕРЕХІДНІ ПРОЦЕСИ В КОЛАХ 1 ПОРЯДКУ З ПОРУШЕННЯМ ЗАКОНІВ КОМУТАЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто використання математичного апарату нестандартного аналізу для аналізу перехідних процесів в електричних колах 1 порядку з порушенням законів комутації.

Ключові слова: нескінченно мале число, нескінченно велике число, нестандартне число, стандартне число, кола 1 порядку.

Abstract

Application of mathematical apparatus of the non-standard analysis for analysis of transients in electric circuits of 1 order with infringement of laws of switching is considered.

Keywords: infinitesimal number, indefinitely large number, non-standard number, standard number, circuits of 1 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]. Число α будемо називати *нескінченно малим* числом, число $\beta = \frac{1}{\alpha}$ – *нескінченно великим* числом. 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: $\alpha > \alpha^k$ – нескінченно малі числа першого та k -го порядку; $\beta < \beta^k$ – нескінченно великі числа першого та 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 перехідного процесу в індуктивному колі з магнітним зв'язком

Розглянемо коло, в якому між індуктивностями існує магнітний зв'язок (рис. 1). Визначимо перехідний струм $i_1(t)$.

Третя вітка (з комутаційним апаратом) до комутації мала опір r_3 . Після комутації замінимо розрив цієї вітки нескінченно великим опором $r_3 = \beta$, що дає можливість застосувати стандартні закони комутації.

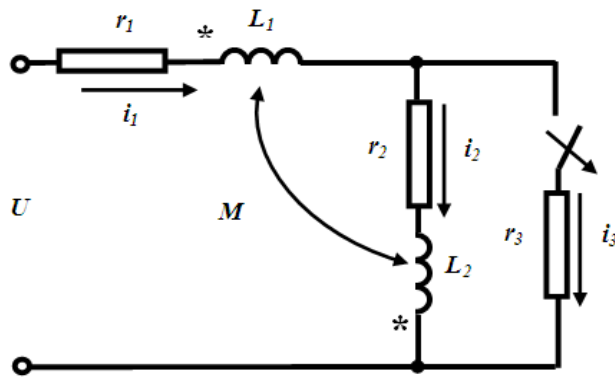


Рисунок 1 – Електричне коло 1 порядку з магнітним зв'язком

Для формування характеристичного рівняння складемо систему рівнянь за законами Кірхгофа

$$\begin{aligned}
 i_1 &= i_2 + i_3, \\
 L_1 \frac{di_1}{dt} - M \frac{di_2}{dt} + r_1 i_1 + \beta i_3 &= U, \\
 L_2 \frac{di_2}{dt} - M \frac{di_1}{dt} + r_2 i_2 - \beta i_3 &= 0.
 \end{aligned} \tag{1}$$

Після незначних перетворень отримаємо характеристичне рівняння у вигляді

$$(L_1 L_2 - M^2) p^2 + [L_1 r_2 + L_2 r_1 + (L_1 + L_2 - 2M)\beta] p + r_1 r_2 + (r_1 + r_2)\beta = 0 \tag{2}$$

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. Кацев, 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. Кацев, 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 Кацев – 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.