

УДК 004.8

Андрій Логвинчук, Олексій Алещенко, Олександр Зальотнов

**ЗАСТОСУВАННЯ ШТУЧНИХ НЕЙРОННИХ МЕРЕЖ  
ДО МОДЕЛЮВАННЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ КІЛ ЗМІННОГО СТРУМУ****APPLICATIONS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS  
TO ALTERNATING CURRENT CIRCUITS MODELLING**

У даній статті розглядається моделювання електричних кіл змінного струму. Метою моделювання є передбачення властивостей даного кола. Для моделювання застосовується нейронна мережа структури "багаторівневий перцептрон".

**Ключові слова:** штучні нейронні мережі, електричні кола, моделювання.

Рис.: 1. Табл.: 2. Бібл.: 5.

This paper deals with the problem of modelling AC electrical circuits. The objective of modelling is prediction of different properties of a given electrical circuit. The model used is a multilayer perceptron artificial neural network.

**Key words:** artificial neural networks, electrical circuits, modelling.

Fig.: 1. Tabl.: 2. Bibl.: 5.

**Актуальність теми дослідження.** Вчені та інженери у галузі мікроелектроніки зацікавлені у можливості використання швидких та точних моделей для дослідження і тестування своїх розробок.

**Постановка проблеми.** Існуючі підходи до моделювання електричних кіл, такі як використання фізичних моделей із застосуванням теорії електромагнетизму або еквівалентні перетворення електричних кіл [1], зазвичай супроводжуються складними аналітичним розрахунками. Реалізація таких моделей за допомогою сучасної обчислювальної техніки не є ефективною.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** В останніх працях присвячених штучним нейронним мережам [2, 3] розглядається можливість застосування їх до моделювання фізичних процесів в електричних колах. Зокрема, у праці [2] проводиться огляд, аналіз та виділяються перспективи розвитку штучних нейронних мереж. У роботі [3] досліджується вплив структури штучної нейронної мережі та параметрів її навчання на точність моделювання електричних елементів кола на прикладі джерела струму для контактного зварювання. Робиться висновок про те, що застосування нейронних мереж для подібного роду моделювання є виправданим через низьку похибку, якою можна знехтувати, та універсальність, що дозволяє працювати як з різними значеннями діючої напруги, так і з різними за номіналом електричними навантаженнями.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Відсутність стандартизованих інструментів моделювання та готових бібліотек електричних компонентів перешкоджають широкому використанню даної методики.

**Постановка завдання.** Метою цієї статті є дослідження можливості розробки моделей електричних кіл або компонентів, які ефективно використовують обчислювальні ресурси та мають достатню точність моделювання. Довільна ділянка електричного кола може бути представлена у вигляді чотириполюсника. Таким чином, ця стаття присвячена розробці моделі на прикладі польового транзистора.

**Викладення основного матеріалу.** На сьогоднішній день існує два основні підходи до моделювання електромагнітних процесів. Перший тип – це детальне моделювання, що спирається на фундаментальні фізичні закони, визначені системою рівнянь Максвелла і виконується аналітично. Сучасна обчислювальна техніка накладає певні обмеження на такий тип моделювання, оскільки для них доводиться застосовувати чисельні методи, що є надзвичайно неефективним використанням обчислювальних і часових ресурсів, хоча вони і демонструють високу точність і не покладаються на дані, отримані експериментальним шляхом [1].

Другий тип моделювання базується на еквівалентних перетвореннях електричних кіл, він поєднує різного роду евристики і спрощені теорії з накладанням певних обмежень. Такі моделі потребують значної кількості експериментальних даних, мають гіршу точність, однак обчислюються значно швидше.

Застосування штучних нейронних мереж як окремих підхід до задачі моделювання електричних кіл дозволяє отримувати результати з точністю близькою до аналітичних методів, але значно швидше [4]. Порівняльна характеристика усіх трьох підходів наведена у таблиці 1.

Задачу моделювання електричного кола штучною нейронною мережею можна сформулювати наступним чином: знаючи фізичні параметри польового транзистора, що представлені вектором (1), необхідно визначити амплітуди і фази S-параметрів чотириполюсника, які представлені вектором (2).

$$x = [W, L, a, N_d, V_{GS}, V_{DS}]^T \quad (1)$$

$$y = [AS_{11}, PS_{11}, AS_{12}, PS_{12}, AS_{21}, PS_{21}, AS_{22}, PS_{22}]^T \quad (2)$$

Таблиця 1

### Порівняння підходів моделювання

Критерій порівняння	Фізичні моделі	Емпіричні та еквівалентні моделі	Штучні нейронні мережі
Швидкість	Повільні	Швидкі	Швидкі
Точність	Висока	Обмежена	Наближається до фізичних моделей
Експериментальні дані	Не потребують	Невелика кількість	Значна кількість для навчання
Теоретичні засади	Рівняння Максвелла	Спрощена теорія, частинні випадки	Не задіяні

На рис. 1 [4] зображено схематично польовий транзистор, який має наступні фізичні параметри:  $W$  – ширина затвору,  $L$  – довжина затвору,  $a$  – товщина каналу, що проводить струм,  $N_d$  – густина напівпровідникових домішок,  $V_{GS}$  – напруга затвор-виток,  $V_{DS}$  – напруга стік-витік.

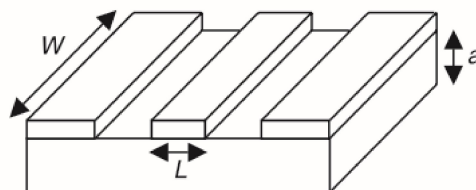


Рис. 1. Схематичне зображення польового транзистора.

Тоді задачу можна виразити формулою:

$$y = f(x), \quad (3)$$

а нейронну мережу для її вирішення – формулою:

$$y = y(x, w). \quad (4)$$

В даному прикладі нейронна мережа зможе представляти поведінку справжнього транзистора тільки після вивчення реального відношення  $x$  до  $y$  через процес тренування [5]. Пари  $(x, y)$  є зразками даних для навчання нейронної мережі і мають бути виміряні на реальному приладі або згенеровані відповідно до теоретичних засад електромагнетизму.

В даній роботі фізичні параметри  $x$  генерувалися випадковим чином, а відповідні їм значення  $y$  розраховувались аналітично. Для навчання моделі було використано 5000 зразків даних, значення функції втрат становило 0.18. У таблиці 1 наведено порівняння шуканих параметрів, розрахованих аналітично, та передбачених нейронною мережею.

Таблиця 2

### Результати моделювання

Параметр	Передбачене значення	Аналітичне значення
$AS_{11}$	0.917	0.928
$PS_{11}$	-63.851	-64.00
$AS_{12}$	0.026	0.023
$PS_{12}$	71.200	70.000
$AS_{21}$	10.813	10.840
$PS_{21}$	149.008	150.000
$AS_{22}$	0.570	0.529
$PS_{22}$	-27.023	-27.000

**Висновки.** Результати, отримані в даній роботі, демонструють можливість застосування штучних нейронних мереж для симуляції електричних кіл в цілому або їх компонентів окремо за методологією чорної скриньки: модель може прогнозувати різноманітні властивості електричного кола, в залежності від поданих на вхід статичних та динамічних параметрів. Подальше широке застосування такого підходу можливе за умови наявності моделей для стандартних компонентів електричних кіл та наявності зручного інструментарію для роботи з ними. Також варто зазначити перспективи використання інших структур нейронних мереж, таких як мережі радіальних базисних функцій та інші.

### Список використаних джерел

1. Harkouss, Y., et al. (May 1998), Modelling Microwave Devices and Circuits for Telecommunications System Design, Proc. IEEE Intl. Conf. Neural Networks (pp. 128-133).
2. Е. И. Некрасова (2015), Искусственные нейронные сети, III Научно-техническая конференция с международным участием «Наука настоящего и будущего», сборник материалов конференции (с. 36-37).
3. Карчевский А. П. (2016), Исследование влияния структуры искусственной нейронной сети и параметров ее обучения на точность

моделирования источника питания для контактной сварки, магистерская диссертация (с. 6-8).

4. Zhang, Q. J., and Devabhaktuni, V. K. (April 2003), Neural Networks for Microwave Modeling and Design, IEEE Transactions On Microwave Theory And Techniques, Vol. 51 (pp. 1339-1352).

5. Wang, F. et al. (1999), Neural Network Structures and Training Algorithms for RF and Microwave Applications, Int. Journal of RF and Microwave CAE, Special Issue on Applications of ANN to RF and Microwave Design, Vol. 9 (pp. 216-240).

### **ДОВІДКА ПРО АВТОРІВ**

Логвинчук Андрій Ігорович – студент, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Lohvynchuk Andrii – student, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

E-mail: a.logvinchuk-2018@kpi.ua

Алещенко Олексій Вадимович – асистент, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Aleshchenko Oleksii – assistant professor, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

E-mail: alexey.aleshchenko@gmail.com

Зальотнов Олександр Дмитрович - студент, кафедра обчислювальної техніки, Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

Zalotnov Oleksandr – student, Department of Computer Engineering, National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute".

E-mail: zalotnov.alexander@gmail.com

**A. Lohvynchuk, O. Aleshchenko, O. Zalotnov**

## **APPLICATIONS OF ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS TO ALTERNATING CURRENT CIRCUITS MODELLING**

**Target setting.** Scientists and engineers in the field of microelectronics are interested in the possibility of using fast and precise models to test their developments.

**Actual scientific researches and issues analysis.** Existing approaches to modelling electrical circuits such as use of physical models or use of equivalent circuits generally require complex analytical calculations. These are very computationally expensive and cannot be implemented efficiently on modern equipment.

**Uninvestigated parts of general matters defining.** Lack of standardized modelling tools and components libraries prevent this approach from being mass-used.

**Objective setting.** The goal of this paper is research on possibility of development of electrical circuit or particular component model, which would be computationally effective and demonstrate desirable precision. This work focuses on development of FET model.

**The statement of basic materials.** The comparison between existing approaches and neural network modelling is done. The approach to decomposing of original task into abstract problem to be solved by neural network is described. The modelling results display satisfactory precision.

**Conclusions.** The results obtained in this work demonstrate possibility of neural network usage for modelling electrical circuits or electrical components in a "black box" methodology: given a set of physical parameters, the model can predict various properties of a device that is being modelled. Further use of this approach is possible under condition of existence of standardized models for various standard electrical components and convenient tools to combine them. Also it is worth mentioning that other neural network structure such as radial basis neural networks also can be useful in this field.

**Key words:** artificialneural networks, electrical circuits, modelling.