

Технічні науки

УДК 004.896

**Кирик Валерій Валентинович**

*доктор технічних наук, професор,  
професор кафедри електричних мереж і систем  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Kyryk Valerii**

*Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Professor of Electrical Networks and Systems Department  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**Шаталов Євген Олександрович**

*аспірант  
Національного технічного університету України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»*

**Shatalov Yevhen**

*Postgraduate Student of the  
National Technical University of Ukraine  
"Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"*

**ПРОГНОЗУВАННЯ НАВАНТАЖЕННЯ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ ЗА  
ДОПОМОГОЮ ШНМ, СТВОРЕНОЇ В NNTOOL & NFTOOL  
LOAD FORECASTING IN THE ELECTRICAL GRID WITH ANN  
CREATED IN NNTOOL & NFTOOL**

**Анотація.** Створено експертну штучну нейронну мережу (ШНМ) в програмному пакеті MATLAB. За її допомогою проілюстровано можливості простої ШНМ в задачах прогнозування навантаження, спираючись лише на його попередньо відомі значення.

**Ключові слова:** ШНМ, прогнозування, електрична мережа, навантаження, експертна система.

**Summary.** An expert artificial neural network (ANN) was created in the MATLAB software package. With its help, the possibilities of a simple ANN in the tasks of load forecasting, relying only on its previously known values, are illustrated.

**Key words:** ANN, forecasting, electrical grid, load, expert system.

**Вступ.** Прогнозування навантаження визначає необхідну кількість зарезервованих потужностей генерації та розподілу. Перевищення прогнозованого значення веде до прямих економічних збитків, адже призводить до залучення екстреної генерації за підвищеним тарифом.

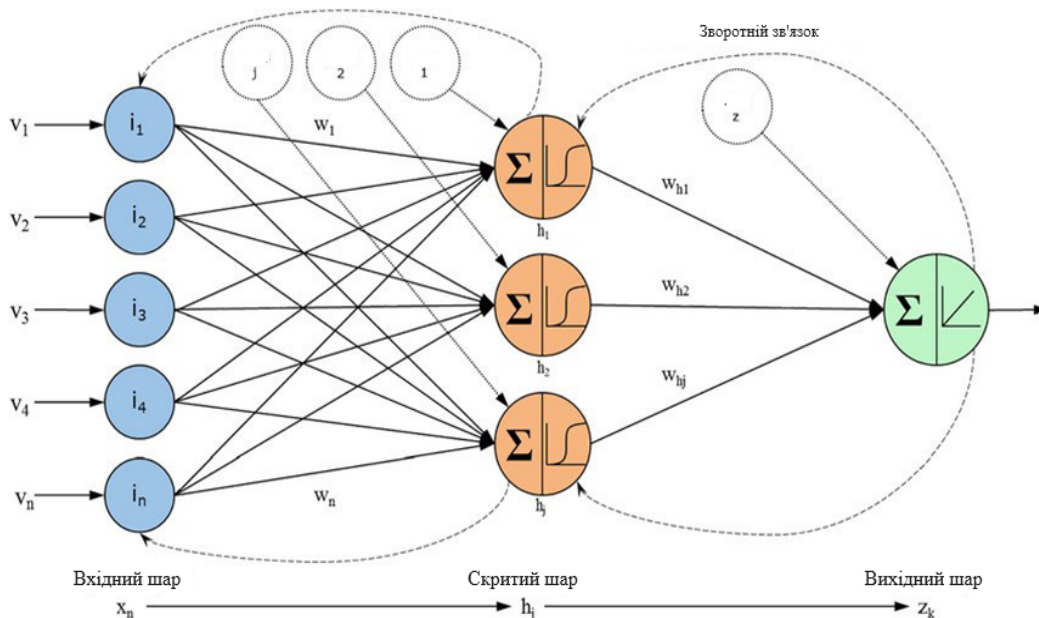
Використання ШНМ дозволяє виконати оцінку та прогнозування спираючись на доступні попередньо виміряні дані. Найпростіша модель ШНМ з готовою програмного пакету може забезпечити достатню точність з метою оперативного прогнозування.

**Мета роботи.** Прогнозування навантаження за допомогою пакетів NNTOOL та NFTOOL спираючись на попередні заміри.

Експертні системи імітують здатність людини приймати рішення. Зазвичай це досягається шляхом обробки даних та застосування правил до них. ШНМ в випадку прогнозування розглядається саме як один із видів експертних систем.

Найпростіша ШНМ складається з трьох шарів – вхідного, скритого та вихідного [1]. Скритий шар забезпечує зв’язок між двома іншими. Для кожного

нейрона застосовується функція активації та різні налаштування ваги, що обмежує його вихідну потужність в бажаному діапазоні.



**Рис. 1. Архітектура тришарової ШНМ**

NFTOOL дозволяє створити двошарову модель НШМ за алгоритмом Левенберга-Марквардта. NNTOOL є більш гнучким застосунком та дозволяє налаштовувати кількість шарів і т.д. Оскільки вхідними параметрами є лише значення навантаження, то саме двошарова модель є доцільною.



**Рис. 2. Архітектура двошарової ШНМ в MATLAB**

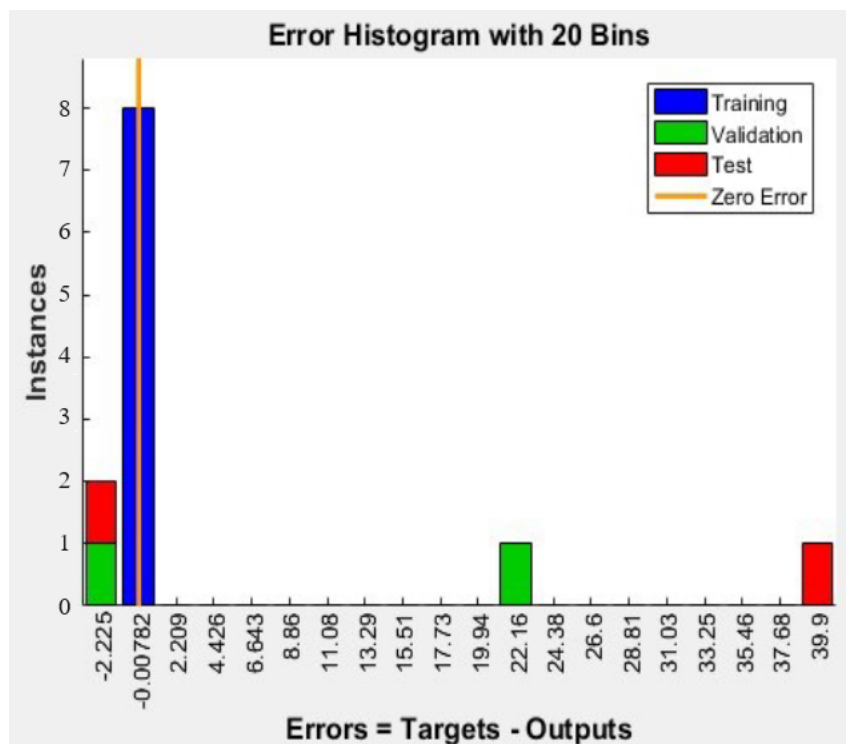


Рис. 3. Гістограма помилок для ШНМ в NNTOOL

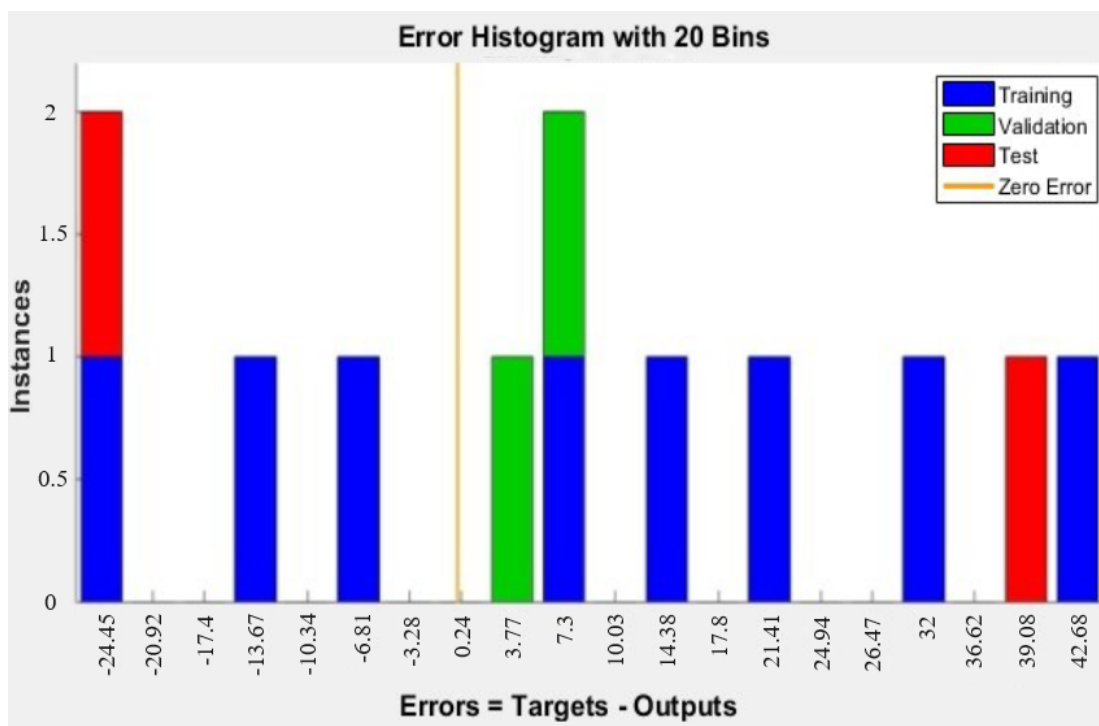


Рис. 4. Гістограма помилок для ШНМ в NFTOOL

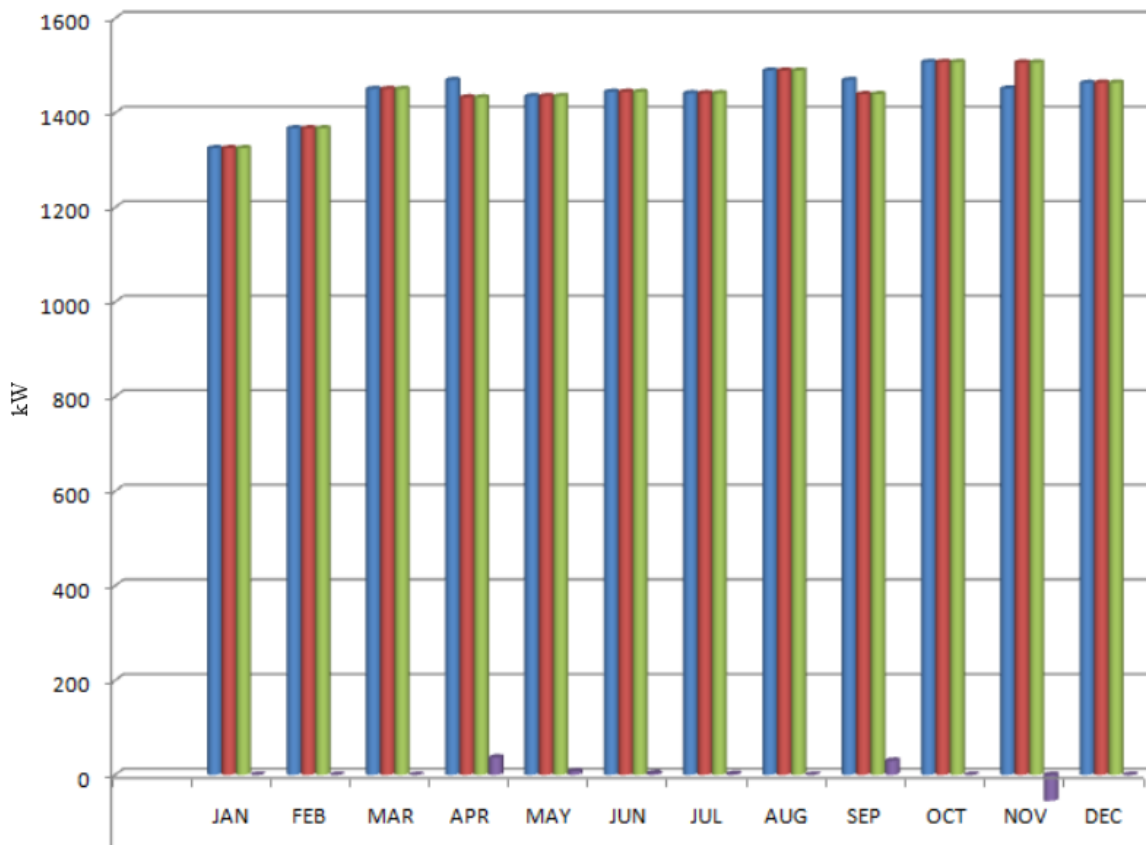
Для тренування моделі прогнозування потужності взято усереднені навантаження за місяць по розподільній підстанції 10/0,4 кВ за два попередні роки. Таке прогнозування, хоч і є довгостроковим, але методологія не відрізняється від короткострокового [2].

Спираючись на треновану модель виконано зіставлення прогнозованих та реальних даних з перевіркою частини датасету, рис. 5. За отриманими результатами видно, що прогнозовані значення мають суттєві відхилення від вимірних для деяких місяців, табл. 1, але при цьому дозволяють оцінити майбутнє значення навантаження.

Таблиця 1

**Дані отримані з ШНМ в MATLAB**

Місяць	Цільове значення, кВт	Прогнозоване значення		Похибка
		NNTOOL	NFTOOL	
1	1325	1325.0007	1325.0007	-0.0007
2	1367	1366.9998	1366.9998	0.0001
3	1450	1449.9997	1449.9998	0.0002
4	1469	1432.4791	1432.4791	36.5208
5	1435	1434.9999	1434.9999	0.0001
6	1444	1443.9999	1443.9999	0.0001
7	1441	1440.9999	1440.9999	0.0001
8	1489	1488.9998	1488.9998	0.0001
9	1469	1439.2015	1439.2015	29.7984
10	1507	1506.9986	1506.9985	0.0014
11	1451	1506.1408	1506.1408	-55.1408
12	1463	1463.6278	1463.6278	-0.6278



**Рис. 5. Гістограма результатів з ШНМ**

де кольорами позначено: синій – цільове значення; червоний – прогнозоване NNTOOL; зелений – прогнозоване NFTOOL; фіолетовий – похибка

**Висновки.** Наведено приклад застосування простої ШНМ для прогнозування навантаження в електричній мережі. Використовуючи готові шаблони та інтерфейс MATLAB отримано дві моделі для прогнозування навантаження, що забезпечують достатню точність для їх оціночного використання. Замість усереднених значень за місяць можливо використати значення з іншим часовим інтервалом та отримати прогнозування на наступний день або годину.

### **Література**

1. Bimal K. Bose. Artificial Intelligence Techniques in Smart Grid and Renewable Energy Systems – Some Example Applications. *IEEE*. 2017. Vol. 105, № 11. P. 2262-2273. doi: 10.1109/JPROC.2017.2756596.
2. Gross G., Galiana F.D. Short-term load forecasting. *IEEE*. 1987. Vol. 75, № 12. P. 1558-1573. doi: 10.1109/PROC.1987.13927.
3. Park D. C., El-Sharkawi M. A., Marks R. J., Atlas L. E., Damborg M. J. Electric load forecasting using an artificial neural network. *IEEE*. 1991. Vol. 6, № 2. P. 442-449. doi: 10.1109/59.76685.