

**СТВОРЕННЯ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОГО БЛОКУ НЕЙРОМЕРЕЖЕВОГО
ПРОГНОЗУВАННЯ ЗНАЧЕНЬ СТРУМУ ВИТОКУ**

В. П. Герасименко, кандидат технічних наук, старший викладач

В. В. Василенко, доктор технічних наук, професор

Н. В. Майбородіна, кандидат фізико-математичних наук, доцент

ВП НУБіП України "Ніжинський агротехнічний інститут"

E-mail: syavagvp@gmail.com

Анотація. Засоби спостереження за величиною струму витоку зарекомендували себе як ефективний технічний спосіб контролю стану ізоляції електродвигуна. Використання технічних засобів, що дозволяють не тільки фіксувати, а й спрогнозувати небезпечні значення струму витоку, дають можливість завчасно проінформувати обслуговуючий персонал про можливу небезпеку. Завдяки цьому зменшується час на простій електрообладнання і з'являється можливість у технологічну паузу провести обслуговування, ремонт чи заміну електродвигунів, не чекаючи їхньої повної відмови. Використання нейронних мереж для прогнозування надійності електродвигунів, довело свою ефективність для прогнозування цих складних процесів.

На основі даних проведеного пасивного експерименту синтезовано дві нейронні мережі. Порівняння робочих особливостей нейронної мережі на основі технологічних параметрів та нейронної мережі на основі теорії часових рядів вказує на необхідність їх поєднання для отримання більш кращого прогнозу величини струму витоку. Це зумовило потребу в створенні критерію вибору та синтезу гібридної нейронної мережі, що буде працювати за цим критерієм.

Ключові слова: *струм витоку, критерій вибору, гібридна нейронна мережа*

Актуальність. Велика група технічних засобів контролю стану ізоляції електродвигунів використовують аналіз величини струму витоку [1, 2]. Для прогнозування величини струму витоку електродвигуна часто використовують нейронні мережі [3]. Порівняно з класичними методами аналізу нейронні мережі мають певні переваги [4].

Прогнозування величини значення струму витоку проводять за допомогою різних типів нейромереж, а вхідними величинами для прогнозування обирають різні технологічні параметри. З цього можна зробити висновок, що для покращення

прогнозу потрібно розглянути можливість комбінування прогнозів, попередньо розробивши критерій вибору кращого з прогнозів двох різних нейромереж [5].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Відомі наукові праці, в яких пропонується використання нейронних мереж для прогнозування. Для вирішення такої задачі прогнозування використовується традиційна структура нейронної мережі – багатошаровий перцептрон [6, 7]. Нейромережеве прогнозування струму витоку на основі технологічних параметрів (НМТП) розглянуто в [8]. Нейромережеве прогнозування струму витоку на основі теорії часових рядів (НМЧР) наведене в [9].

Мета дослідження – синтез гібридної нейронної мережі, яка на основі створеного критерію вибору типу нейронної мережі дозволить вибір найбільш точного з прогнозів, чим зменшить похибку прогнозування.

Матеріали та методи дослідження. Загальною схемою побудови комбінованого прогнозу передбачається, що є m прогностичних моделей одного і того ж показника Y . За припущенням, ці моделі відрізняються тим, що з різним ступенем адекватності описують різні сторони модельованого показника чи явища. У цьому випадку виникає так званий «спектр прогнозних оцінок», що відкриває принципову можливість побудови комбінованого прогнозу, який за своїми властивостями повинен покращувати, або хоча б не погіршувати кращий з вихідних прогнозів. Загальний обсяг та властивості існуючих даних дають право розглядати комбінування часткових прогнозів як формальну математичну задачу. Якщо ж потрібно, як в нашому випадку одержати не інтервальний, а точковий прогноз, доводиться вирішувати проблему вибору найбільш вірогідного прогнозу. Для початку використаємо попередньо розроблений критерій вибору [5], і вже на основі нього синтезуємо гібридну нейронну мережу (ГНМ).

За критерій вибору, яку із моделей використовувати у конкретній технологічній ситуації, прийнято:

$$(|\text{Похибка}_{\text{НМТП}}| - |\text{Похибка}_{\text{НМЧР}}|) = \text{Критерій}_{\text{вибору}}, \quad (1)$$

У випадку, якщо такий критерій (1) позитивний, то для прогнозування потрібно застосовувати НМЧР, якщо негативний – вибирається НМТП.

Навчання ГНМ виконували із використання даних пасивного експерименту. Кінцева мета – створити гібридну неймережу, здатну адекватно прогнозувати на основі критерію вибору вибір прогностичної моделі: НМТП або НМЧР.

Архітектуру ГНМ інтегрування предиктів НМТП та НМЧР синтезовано у ANFIS-Editor пакету прикладних математичних програм Matlab і наведено на рис. 1.

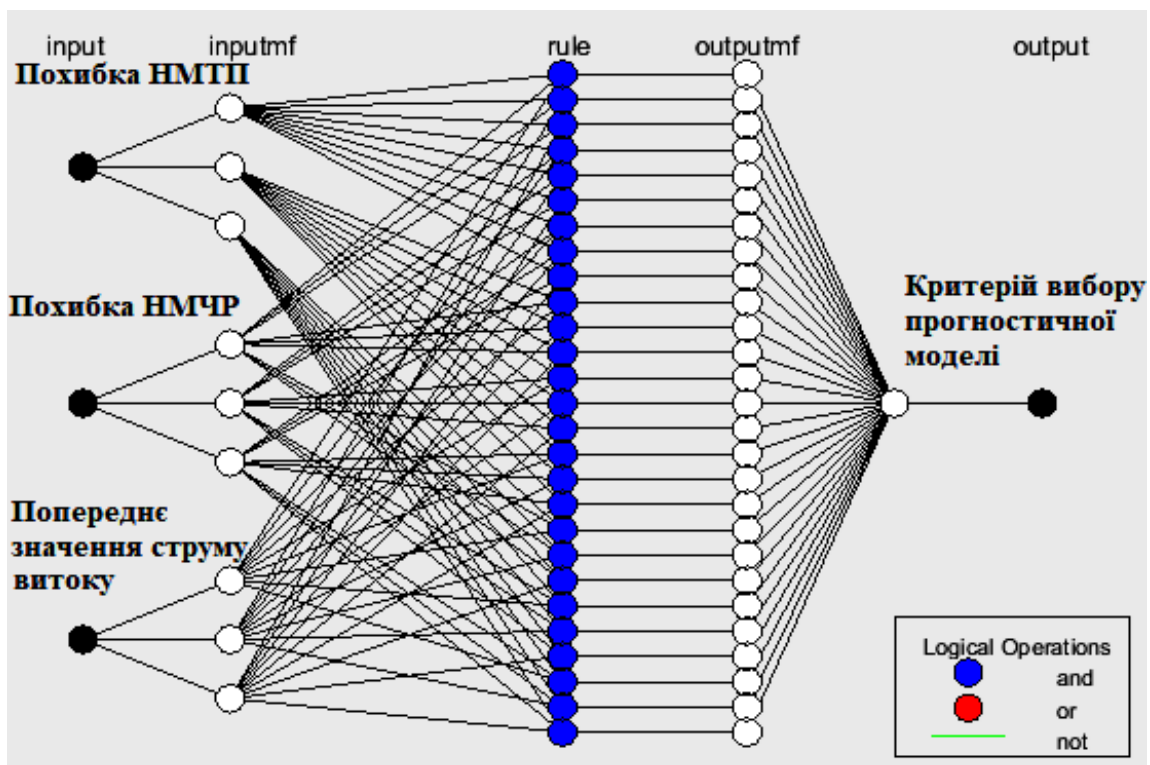
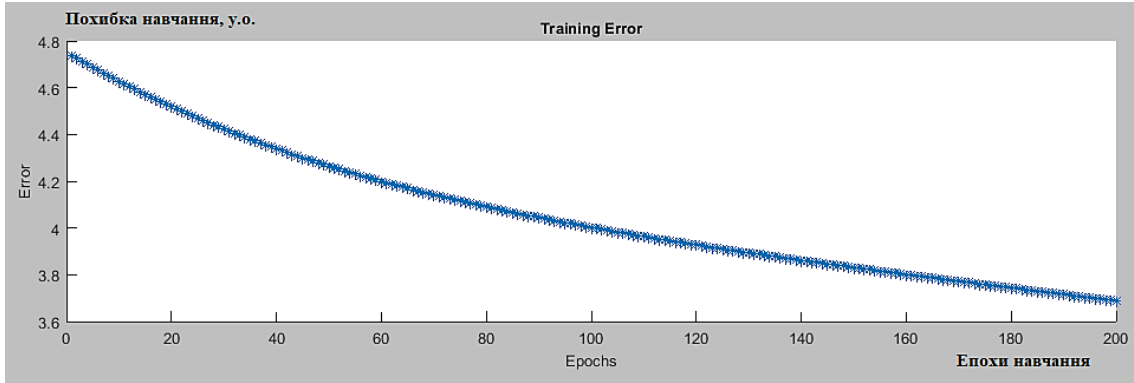


Рис. 1. Архітектура ГНМ інтегрування предиктів НМТП та НМЧР

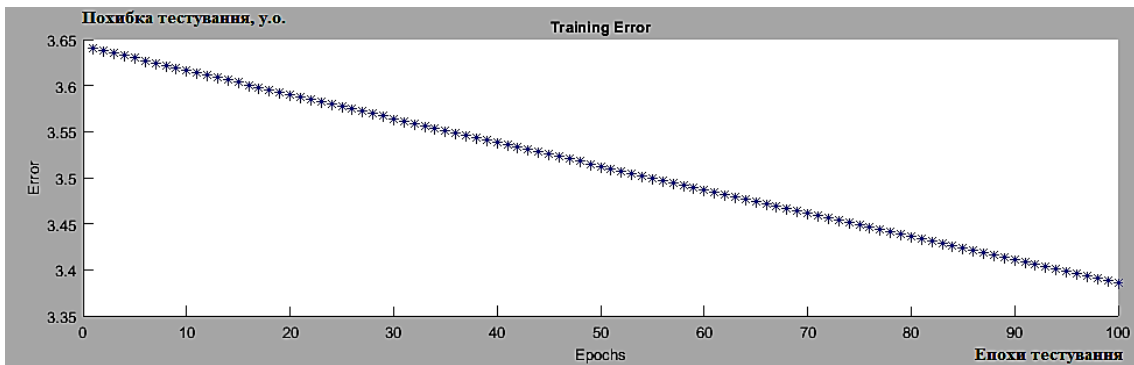
Параметр «Попереднє значення струму витоку» передає на вхід блоку ГНМ значення струму витоку на попередньому етапі функціонування електротехнічного комплексу тваринницького виробництва – значення яке

було фактично зареєстровано технічними засобами системи збирання інформації.

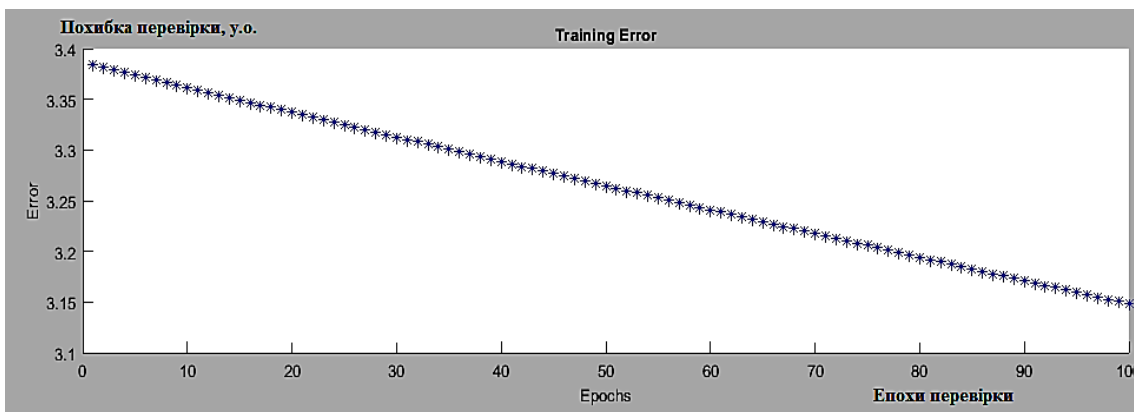
Просторова оцінка результатів створення ГНМ інтеграції НМТП та НМЧР представлена на рис. 2.



а



б



в

Рис. 2. Результати навчання ГНМ блоку інтеграції НМТП та НМЧР предиктів струму витоку:

а – навчальний етап, відносна похибка – 3,71 у.о. (3,71 %),

б – етап тестування, відносна похибка – 3,38 у.о. (3,38 %),

в – навчальний етап, відносна похибка – 3,16 у.о. (3,16 %).

Висновки і перспективи. Створено на базі гібридної нейромережі математичний апарат опрацювання прогнозів величин струмів витоку та розроблено критерій вибору типу нейронної мережі для зменшення похибки прогнозування. Інтелектуальний блок відрізняється від існуючих тим, що включає опрацювання виходу першої нейромережі; опрацювання виходу другої нейромережі; опрацювання інформації щодо попередньо зареєстрованих фактичних значень струму витоку, чим забезпечується здійснення вибору кращої нейромережі відповідно до розробленого критерію. У випадку, якщо такий критерій позитивний, то для прогнозування потрібно застосовувати нейронну мережу на основі теорії часових рядів, якщо негативний – вибирається нейронна мережа на основі технологічних параметрів. Отримана якість прогнозування інтелектуальної системи прогнозування струму витоку на основі гібридної нейронної мережі (ГНМ) відповідає технологічним вимогам: на навчальному етапі (відносна похибка – 3,71 %), етапові тестування (відносна похибка – 3,38 %), навчальному етапові (відносна похибка – 3,16 %).

Список використаних джерел

1. Zagirnyak M., Prus V., Somka O. Reliability Models of Electric Machines with Structural Defects Proceedings. 2015 16th International Conference on “Computational Problems of Electrical Engineering” CPEE 2015. Lviv, 2015. P. 249 – 251.
2. Gerasymenko V., Kozyrskyi V., Maiborodina N., Kovalov O. Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 2019. P. 339 – 348.
3. Zaiets N., Kondratenko I. Development of an Intelligent System for Predicting the Reliability of Electric Motors. IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). April 16 - 18, 2019, Kyiv. pp. 614 - 619.
4. Лисенко В. П., Решетюк В. М., Штепа В. М., Заєць Н. А. Системи штучного інтелекту: нечітка логіка, нейронні мережі, нечіткі нейронні мережі, генетичний алгоритм. К., 2014. 336 с.
5. Герасименко В.П. Розробка критерію вибору прогнозованих значень струму витоку синтезованих нейромереж. Енергетика і автоматика. 2022. №5. С. 52-61.
6. Кондратенко І. П., Заєць Н. А., Штепа В. М. Наукові основи керування електротехнічними комплексами неперервних виробництв із прогнозуванням нештатних ситуацій: монографія. Київ: Прінтеко, 2020. 256 с.

7. Лисенко В. П., Заєць Н. А., Штепа В. М., Дудник А. О. Нейромережеве прогнозування часових рядів температури навколишнього природного середовища. Біоресурси і природокористування. 2011. №3 – 4. С. 102 – 108.

8. Герасименко В. П., Василенко В. В., Майбородіна Н. В., Ковальов О. В. Нейромережеве прогнозування струму витoku на основі технологічних параметрів. Енергетика і автоматика. 2022. №3. С. 109 – 118.

9. Герасименко В. П., Василенко В. В., Майбородіна Н. В., Ковальов О. В. Нейромережеве прогнозування струму витoku на основі теорії часових рядів. Енергетика і автоматика. 2022. №4. С. 86 – 93.

References

1. Zagirnyak, M., Prus, V., Somka, O. (2015). Reliability Models of Electric Machines with Structural Defects Proceedigs 2015 16th International Conference on "Computational Problems of Electrical Engineering" CPEE – 2015. Lviv, 249-251.

2. Gerasymenko, V., Kozyrskyi, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. (2019). Mathematical Model Changing the Value of the Process of Leakage Current in 0.38 kV Networks. Modern Development Paths of Agricultural Production. Trends and Innovations. Cham: Springer International Publishing, 339 – 348.

3. Zaiets N., Kondratenko I. (2019) Development of an Intelligent System for Predicting the Reliability of Electric Motors. IEEE 39th International Conference on Electronics and Nanotechnology (ELNANO). 2019, Kyiv, 614-619.

4. Lysenko. V. P., Reshetiuk, V. M., Shtepa, V. M., Zaiets, N. A. (2014). Systemy shtuchnoho intelektu: nechitka lohika, neironni merezhi, nechitki neironni merezhi, henetychnyi alhorytm [Artificial intelligence systems: fuzzy logic, neural networks, fuzzy neural networks, genetic algorithm]. Kyiv, 336.

5. Gerasymenko, V. P. (2022). Rozrobka kryteriyu vyboru prohnozovanykh znachen' strumu vytoku syntezovanykh neyromerezh [Development of a criterion for selecting predicted values of the leakage current of synthesized neural networks]. Enerhetyka i avtomatyka, 5. 52-61.

5. Kondratenko, I. P., Zaiets, N. A., Shtepa, V. M. (2020). Naukovi osnovy keruvannia elektrotekhnichnyimi kompleksami neperervnykh vyrobnytstv iz prohnozuvanniam neshtatnykh sytuatsii: monohrafiya [Scientific bases of management of electrotechnical complexes of continuous productions with forecasting of abnormal situations: monograph]. Kyiv: Printeko, 256.

6. Lysenko, V. P., Zayets, N. A. Shtepa, V. M., Dudnyk, A. O. (2011). Neiromerezheve prognozuvannia chasovih riadiv temperaturi navkolishniogo prirodnogo seredovishcha [Neural network forecasting of time series of external temperature], Bioresursy i pryrodokorystuvannia, №3 – 4, 102 – 108.

8. Gerasymenko, V., Vasylenko, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. (2022). Neyromerezheve prohnozuvannya strumu vytoku na osnovi tekhnolohichnykh parametriv [Neural network forecast of leak current based on technological parameters]. Enerhetyka i avtomatyka, 3, 109 – 118.

9. Gerasymenko, V., Vasylenko, V., Maiborodina, N., Kovalov, O. (2022). Neyromerezheve prohnozuvannya strumu vytoku na osnovi teoriiy chasovykh ryadiv [Neural network prediction of leakage current based on the theory of time series forecasting]. Enerhetyka i avtomatyka, 4, 86 – 93.

CREATION OF INTELLIGENT BLOCK OF NEURAL NETWORK PREDICTION LEAKAGE CURRENT VALUES

V. Gerasymenko, V. Vasylenko, N. Maiborodina

Abstract. *Means of monitoring the magnitude the leakage current have proven themselves as an effective technical method monitoring the state of the insulation the electric motor. The use of technical means that allow not only to fix, but also to predict the dangerous values the leakage current, make it possible to inform the service personnel about the possible danger in advance. Thanks to this, the time for simple electrical equipment is reduced and it becomes possible to carry out maintenance, repair or replacement electric motors during a technological pause without waiting for their complete failure. The use of neural networks for predicting the reliability of electric motors has proven to be effective for predicting these complex processes.*

Based on the data conducted passive experiment, two neural networks were synthesized. A comparison the operating features a neural network based on technological parameters and a neural network based on the theory of time series forecasting indicates the need to combine them to obtain a better forecast the leakage current value. This led to the need to create a selection criterion and synthesize a hybrid neural network that will work according to this criterion.

Key words: *leakage current, selection criterion, hybrid neural network*