

## МОДЕЛЮВАННЯ ВУЗЛОВОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ РЕЖИМНОЇ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ (ЕЕС) ПРИ ВІДМОВАХ ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ

НТУУ «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

### *Анотація*

*В роботі виконано порівняльний аналіз методів короткострокового прогнозування навантаження. Запропоновано програмний модуль обробки ретроспективної та оперативної інформації щодо величин вузлового навантаження.*

**Ключові слова:** електроенергетична система, надійність, вузлове навантаження, потужність, вітроенергетична установка.

### *Abstract*

*The paper performs a comparative analysis of short-term load forecasting methods. A software module for processing retrospective and operational information on the values of the nodal load is proposed.*

**Keywords:** power system, reliability, nodal load, power, wind power plant.

Наразі в електроенергетиці України актуальним є задачі врахування і аналізу всіх ризиків, особливо ризику експлуатації ЕЕС з електростанціями різних типів внаслідок відмов електрообладнання, яке має на сьогодні значний рівень зношення і вичерпання ресурсу. Оперативний персонал повинен знати і враховувати всі можливі експлуатаційні ризики в прогнозований період від декількох хвилин, до декількох діб, тижнів наперед. Тому важливим є прогнозування технічного стану електрообладнання, активної і реактивної потужностей вузлів ЕЕС з електростанціями різних типів, особливо з вітроенергетичними установками (ВЕУ), оскільки похибки в прогнозах потужностей ВЕУ і навантажень в умовах відмов окремих елементів можуть призвести до небалансу між генерацією і споживанням, каскадному розвитку аварій. Для розв'язання цих задач необхідна розробка моделей оцінки і прогнозування ризику відмов електрообладнання і вузлового навантаження ЕЕС. Важливою задачею в зв'язку з цим є забезпечення необхідного рівня достеменності отриманої інформації щодо потужностей вузлів навантаження.

Існуючі на сьогоднішній день традиційні моделі вузлового навантаження не в повній мірі відповідають сучасним вимогам. При статистичному моделюванні режимів ЕЕС часто не використовуються оперативні дані по вузловому навантаженню, реальний імовірнісний розподіл вузлового навантаження на інтервалі часу спостереження та нечіткість вихідної інформації. З метою підвищення точності оцінки і прогнозування вузлового навантаження були отримані і оброблені дані погодинних значень вузлового активного навантаження однієї з підсистем ЕЕС НЕК «Укренерго». Створений програмний модуль обробки ретроспективної і оперативної інформації щодо величин вузлового навантаження дозволяє: формувати гістограми частот та функцій розподілу імовірності вузлового навантаження на інтервалі часу спостереження (тиждень, місяць, квартал, 6 місяців) в певний час доби; виконувати трансформацію статистичних розподілів імовірності в нечіткі інтервали трьох і чотирьохреперного виду. Отримані залежності використовують при імовірнісно-статистичному моделюванні режимів ЕЕС.

Для прогнозування ресурсу працездатності обладнання і вузлового навантаження створено математичні моделі на основі штучних нейронних мереж з елементами нечіткої логіки. Тестування різних математичних моделей прогнозування навантаження виконувалось з використанням фактичних усереднених на інтервалі одна година значень вузлових навантажень, отриманих за період один рік з оперативно-вимірювального комплексу енергосистеми «НЕК УКРЕНЕРГО», що містить 56 вузлів з яких 17 є вузлами навантаження. Порівнювались наступні методи короткострокового прогнозування навантаження: ARIMA (Auto Regressive Integrated Moving Average, декомпозиційний

метод (ARMAX), метод групового ураховання аргументів (МГУА) – нейронних мереж. В якості критерію оптимізації використовується середньоквадратична похибка моделі на навчальній вибірці. Порівняльний аналіз отриманих середніх абсолютних похибок у відсотках (MAPE) показав, що вони для методів ARIMA, ARMAX та МГУА – нейронних мереж становлять 5,818, 7,104 і 2,475 відповідно. Отримані результати свідчать про те, що метод МГУА може виконувати хороші прогнози з найменшими похибками, та слугувати для короткострокового прогнозування навантаження вузлів підсистем ЕЕС.

**Бардик Євген Іванович** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри відновлювальних джерел енергії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: [bardik1953@gmail.com](mailto:bardik1953@gmail.com)

**Коваль Ярослав Сергійович** – аспірант кафедри відновлювальних джерел енергії, Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, e-mail: [yaroslavkova124@gmail.com](mailto:yaroslavkova124@gmail.com)