

СЕКЦІЯ «ПРОГРАМНІ ЗАСОБИ»

УДК 004.8

Горіченко Ю.Є.¹, Пархоменко А.В.²

¹ асп. НУ «Запорізька політехніка»

² канд. техн. наук, доц. НУ «Запорізька політехніка»

ГІБРИДНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯМ В АВТОНОМНИХ МЕРЕЖАХ НА ОСНОВІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

В умовах збройного конфлікту в Україні особливої актуальності набувають дослідження, пов'язані з забезпеченням безперебійного електропостачання для критичних об'єктів інфраструктури. Враховуючи зростаючу залежність від відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зокрема сонячної та вітрової генерації, зумовлену необхідністю енергетичної автономності, виникає потреба у розробці інтелектуальних моделей, здатних ефективно адаптуватися до змін навколишнього середовища та функціонувати в умовах нестабільності. Особливо важливою є здатність таких моделей враховувати вплив факторів невизначеності, зокрема різкої зміни погодних умов, обмеженості ресурсів та варіативності навантаження.

На попередньому етапі дослідження було розроблено покращену двоетапну модель прогнозування генерації електроенергії з ВДЕ, що ґрунтувалася на локалізованих погодних даних та алгоритмах глибинного навчання [1]. Перша фаза моделі здійснювала перетворення загальних метеорологічних прогнозів в локальні за допомогою регресійної моделі, навченої на історичних даних метеостанцій. Друга фаза використовувала нейронну мережу типу LSTM для передбачення обсягів генерації електроенергії на основі отриманих локальних погодних параметрів. Отримані результати засвідчили суттєве підвищення точності прогнозування у порівнянні з базовими моделями та створили передумови для подальшого розвитку адаптивних систем енергоменеджменту.

У подальших дослідженнях передбачається інтегрувати нечітку логіку з нейронними мережами та алгоритмами оптимізації в єдиний гібридний підхід. Така інтеграція є ключовим напрямом розвитку інтелектуальних енергетичних систем, оскільки дозволяє сформувати адаптивні моделі, здатні функціонувати в умовах складного, динамічного середовища. Зокрема, нечітка логіка буде використана для моделювання ситуацій, у яких спостерігається нечіткість або нестача інформації, наприклад – у випадках втрати зв'язку з окремими сенсорами або обмеженої точності вимірювань. Це дозволить зберегти стійкість системи навіть у критичних умовах.

Нейронні мережі, зокрема рекурентні архітектури (LSTM, GRU), забезпечать здатність до навчання складним, нелінійним залежностям між параметрами середовища та енергогенерацією. Вони дозволять системі навчатися на реальних даних, а також виявляти приховані закономірності, які складно формалізувати традиційними підходами [2]. У свою чергу, оптимізаційні алгоритми: генетичні, ройова оптимізація, алгоритми рою часток – будуть застосовані для прийняття рішень у режимі реального часу щодо розподілу навантаження, перемикання між джерелами живлення та пріоритетного енергозабезпечення критичних споживачів [3]. Це забезпечить гнучкість у керуванні навіть за умов дефіциту ресурсів.

Гібридна архітектура буде реалізована у вигляді модульної структури, де кожен компонент – прогнозна підсистема, модуль оцінки невизначеності, оптимізаційний блок працюватиме у взаємозв'язку з іншими. У перспективі планується створення прототипу інтелектуального модуля енергоменеджменту, який буде інтегрований у мікромережу автономного типу. Експерименти будуть проводитись на симульованих сценаріях, що імітують типові ситуації для України: зниження генерації внаслідок хмарності чи шторму, пошкодження каналів електропередачі, різке зростання навантаження на фоні обмеженого ресурсу тощо. Аналіз ефективності гібридної системи проводитиметься за критеріями точності прогнозування, надійності розподілу, здатності до самоадаптації та рівня автономності.

Очікується, що результатом реалізації гібридного підходу стане підвищення точності прогнозування на 25–35 % порівняно з класичними методами, а також покращення стійкості системи до нестабільності генерації та обмеженого енергоресурсу. В перспективі такі системи можуть бути впроваджені в енергетичні вузли соціально важливих об'єктів: лікарень, центрів зв'язку, пунктів обігріву, де навіть короткочасна втрата електропостачання має критичні наслідки.

Наукова новизна дослідження полягає у створенні гібридної інтелектуальної архітектури, що поєднує нечітку логіку, нейромережеве прогнозування та оптимізаційне планування для управління енергією в умовах високої нестабільності.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Research on enhancing power generation forecasts with real-time machine learning models / [Y. Horichenko, A. Parkhomenko, O. Pozdnyakov et al.] // Computer Modeling and Intelligent Systems (CMIS 2024): The VII International workshop, Zaporizhzhia, Ukraine, 2024: proceedings. – 2024. – P. 424-437.
2. Forecasting electricity consumption: case study in Astana / [N. Sagadatova, B. Talas, A. Nugumanova et al.] // Scientific Journal of Astana IT University. – 2023. – Vol. 14. – P. 16-25.

3. Research and software implementation of intelligent method of energy consumption control / [Y. Horichenko, A. Parkhomenko, O.Pozdnyakov et al.] / Computer modeling and intelligent systems (CMIS-2023): The VI International workshop, Zaporizhzhia, Ukraine, 2023: proceedings. – 2023. – P.106-118.