

67-72-171/1  
20.12.2021

**ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

**Гожого Олександра Петровича**

на дисертаційну роботу **Мельника Романа Володимировича**

**«Інформаційна технологія управління енергодинамічними режимами за наявності поновлювальних джерел енергії»**

подану на здобуття ступеня доктора філософії за спеціальністю 122

«Комп'ютерні науки» галузь знань 12 «Інформаційні технології»

**Актуальність теми.** Протягом останніх років в Україні і світі відзначається різке зростання кількості електроенергії, виробленої відновлюваними джерелами енергії. Це одночасно забезпечує зменшення шкідливих викидів в атмосферу і залежність від викопного палива, та є причиною значних змін в управлінні режимами роботи систем електропостачання. Актуальною стає адекватна реакція на стохастичні зміни енергетичного потенціалу потужних відновлювальних джерел.

З метою розширення можливостей управління енергодинамічними процесами застосовують гібридні системи електропостачання. Такі системи використовують кілька різних джерел енергії і включають акумулюючу систему з метою використання її як резервного джерела електроенергії або для пом'якшення перехідних процесів при змін режимів роботи. В процесі управління гібридною вітро-сонячною системою електропостачання (далі гібридна система електропостачання) виникають нові наукові завдання, оскільки управління відбувається в умовах динамічних змін та за невизначеності деяких параметрів.

Застосування відомих методів аналітичного розв'язання оптимізаційних задач при управлінні гібридною системою електропостачання ускладнюється у зв'язку з такими особливостями: різнорідна структура джерел і особливості перетворення енергії; нелінійність параметрів процесу заряду-розряду акумулюючої системи; необхідність ефективного використання усіх джерел енергії.

Аналіз сучасних досліджень обґрунтовує висновок, що для підвищення ефективності управління енергодинамічними режимами гібридних систем електропостачання перспективним напрямком є розробка інформаційних технологій підтримки прийняття рішень.

Тому актуальним науковим завданням є розроблення нових і вдосконалення наявних методів, моделей та розвиток інформаційної технології управління енергодинамічними режимами за наявності поновлювальних джерел енергії.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами.** Дисертаційна робота відповідає науковому напрямку кафедри автоматизованих систем управління Національного університету "Львівська політехніка" – методи, моделі та компоненти інформаційних управляючих систем і технології. Дисертація виконана в межах держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка»: "Інтелектуальні інформаційні технології багаторівневого управління енергоефективністю регіону", номер держреєстрації №0117U004450 і "Експериментальна система нейромережевого криптографічного захисту та передачі даних у реальному часі з використанням баркероподібних кодів", номер держреєстрації №0121U109503.

**Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформованих у дисертаційній роботі.** Наукові положення та висновки, що містяться в дисертаційній роботі є достатньо обґрунтованими. В ході дослідження автор коректно використовує теорію штучних нейронних мереж і генетичних алгоритмів для розв'язання багатокритеріальної оптимізаційної задачі, теорію проектування апаратно-програмних засобів і та методи об'єктно-орієнтованого підходу. Висновки чітко висвітлюють результати проведених досліджень, а рекомендації вказують на переваги і недоліки досліджених методів і моделей.

Достовірність результатів отриманих в дисертаційній роботі підтверджується низкою експериментальних досліджень, впровадженням отриманих результатів в на підприємстві ТОВ «Енергетична компанія сонячне

поле», в навчальний процес кафедри та апробацією на наукових конференціях, публікацією статей в провідних фахових виданнях України і за кордоном.

*Наукова новизна отриманих результатів.*

У процесі розв'язання поставлених завдань отримано такі наукові результати:

*вперше:*

- розроблено метод короткотермінового прогнозування потужності сонячної електричної станції на базі метеорологічного прогнозу з врахуванням визначеного коефіцієнта прозорості атмосфери, що забезпечило можливість динамічного аналізу режимів генерації з метою формування рішень щодо управління гібридною системою електропостачання;
- розроблено модель динаміки процесів заряду-розряду акумулюючого елемента з врахуванням способу їх реалізації, що дозволяє уточнити результати дослідження умов балансу енергії в системі електропостачання та обґрунтувати оптимальну енергетичну ємність акумулюючого елемента для забезпечення можливості ефективного управління енергодинамічними процесами;
- розроблено метод визначення активного складу вітрової електричної станції, який, завдяки використанню ансамблю генетичних алгоритмів і штучних нейронних мереж, забезпечує підвищення швидкодії розв'язання завдання і адаптацією активного складу до умов зовнішнього середовища;

*набула подальшого розвитку:*

- інформаційна технологія управління енергодинамічними режимами за наявності поновлювальних джерел енергії, яка завдяки використанню забезпечує динамічне та ефективне управління гібридною системою електропостачання.

**Практичні результати роботи їх рівень та ступінь впровадження.**

Практичні результати дисертаційної роботи полягають в розробленні інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні

енергодинамічними режимами гібридних систем електропостачання, при реалізації якої отримано такі практичні результати:

- уточнено залежність між енергетичною ємністю акумулюючої системи і середнім відхиленням генерованої потужності від потужності навантаження, що може бути використано для обґрунтування номінальних параметрів акумулюючої системи;
- забезпечено можливість визначення активного складу вітрової електричної станції з використанням генетичних алгоритмів і штучних нейронних мереж дозволяє визначити оптимальний активний склад вітрової станції із врахуванням вимог за параметрами часу розв'язання і розміром небалансу потужностей.

Результати дисертаційних досліджень використано в роботі ТОВ «Енергетична компанія Сонячне поле», у навчальному процесі та при виконанні держбюджетних науково-дослідних робіт кафедри автоматизованих систем управління Національного університету «Львівська політехніка».

**Повнота вкладення результатів досліджень в опублікованих працях.** Аналіз сукупності наукових результатів дисертаційної роботи Мельника Р.В. свідчить про їх цілісність і засвідчує особистий внесок автора в науку стосовно розроблення нових і вдосконалення наявних методів, моделей та розвиток інформаційної технології управління енергодинамічними режимами за наявності поновлювальних джерел енергії.

Основні результати дослідження опубліковано в 11 наукових публікаціях, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України та 2 статті у наукових періодичних виданнях інших держав, 5 тез доповідей та матеріалів конференцій.

**Оцінка основного змісту дисертації та її структури.** Дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою. Дисертаційна робота складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг дисертації становить 182 сторінок, 69 рисунків, 11 таблиць, список літератури із 127 найменувань та 3 додатків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформувано мету та основні завдання дисертаційного дослідження, визначено предмет та об'єкт дослідження, розкрито наукову новизну, теоретичну та практичну цінність отриманих результатів. Наведено дані про впровадження отриманих результатів на практиці, особистий внесок здобувача в друкованих працях зі співавторами, зазначено апробацію отриманих результатів.

У *першому розділі* проаналізовано інформаційні технології управління енергодинамічними режимами гібридної вітро-сонячної системами електропостачання за наявності акумулюючої системи. Визначено основні проблеми, які виникають в процесі управління, на основі яких сформувано перелік основних завдання дослідження.

У *другому розділі* досліджено процеси управління енергодинамічними режимами роботи гібридних вітро-сонячних систем електропостачання за наявності акумулюючої системи (АС), розроблено низку продукційних правил для управління енергодинамічними режимами, розроблено модель перетворення сонячної енергії, проведено аналіз даних з інтенсивності сонячної радіації для уточнення значень коефіцієнта прозорості атмосфери для різних сезонів і метод прогнозування кількості електроенергії згенерованої сонячними панелями за заданий проміжок часу.

У *третьому розділі* наведено результати дослідження щодо використання рекурентних нейронних мереж і генетичних алгоритмів для розв'язання завдання визначення активного складу вітрової електричної станції, здійснено порівняльний аналіз з результатами отриманими іншими методами.

У *четвертому розділі* розроблено елементи інформаційної технології підтримки прийняття рішень при управлінні енергодинамічними режимами гібридних систем електропостачання. В процесі розробки застосовувано сучасні підходи до проектування і розробки програмних засобів, а також сучасні шаблони проектування і фреймворки.

В процесі розробки використовувалися такі засоби: мова програмування Java; середовище розробки IntelliJ IDEA для мови програмування Java;

фреймворки Spring Boot, що реалізує принцип інверсії залежностей та шаблон проектування MVC для організації архітектури системи.

У висновках узагальнено основні наукові та практичні результати дисертаційної роботи. Список використаної літератури достатньо інформативний, достатньо повно охоплює предметну область та відображає опрацювання автором значної кількості іноземних джерел.

### **Зауваження до дисертації**

1. У першому розділі недостатньо повно висвітлено внесок інших науковців в розробку підходів і методів управління енергодинамічними режимами гібридних систем електропостачання.
2. В роботі відсутній опис обмежень на застосування розробленого методу короткотермінового прогнозування потужності сонячної електричної станції.
3. У другому розділі відсутнє обґрунтування та опис методу прогнозування при розв'язання задачі прогнозування інтенсивності сонячної радіації.
4. У третьому розділі відсутнє обґрунтування використання рекурентних нейронних мереж для розв'язання задачі визначення активного складу вітрової електричної станції.
5. У третьому розділі відсутній опис способів формування вхідних значень швидкості вітру і навантаження, що використовуються в експериментах.
6. У четвертому розділі недостатньо ґрунтовно описано механізм збору опрацювання і відображення даних.
7. В тексті дисертації присутні синтаксичні та граматичні помилки, та інколи присутні англомовні терміни, що потребують детальнішого пояснення.

Вказані зауваження не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи та можуть розглядатися як рекомендації до подальших наукових досліджень та впровадження отриманих результатів у практику.

### **Висновки**

Дисертаційна робота Мельника Романа Володимировича «Інформаційна технологія управління енергодинамічними режимами за наявності поновлювальних джерел енергії» за актуальністю, науковою новизною, практичною цінністю та апробацією результатів є завершеною науковою працею, яка розв'язує актуальне наукове завдання підвищення ефективності управління енергодинамічними режимами гібридної системи електропостачання за наявності акумулюючого елемента шляхом розроблення нових і вдосконалення сучасних методів та моделей інформаційної технології підтримки прийняття рішень.

За актуальністю тематики, новизною результатів, їх науковим і практичним значенням, обґрунтованості висновків дисертаційна робота відповідає вимогам наказу МОН України № 40 від 12.01.2017 р. «Про затвердження вимог до оформлення дисертації» (зі змінами від 31.05.2019 р.), порядку проведення експерименту з присудження ступеня доктора філософії (Постанова Кабінету Міністрів України від 6.03.2019 р. зі змінами від 21.10.2020 р.). А, здобувач Мельник Роман Володимирович заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки», галузь знань 12 «Інформаційні технології».

Офіційний опонент

професор кафедри інтелектуальних інформаційних

систем Чорноморського національного

університету імені Петра Могили

доктор технічних наук, професор

Гожий О.П.

