

## **ВІДГУК**

офіційного опонента Антипова Євгена Олексійовича  
на дисертаційну роботу Пісоцького Андрія Валерійовича  
**«Обґрунтування вибору параметрів гібридної сонячно-вітрової системи  
для підвищення ступеню самоспоживання об'єкта»,**  
що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії  
в галузі знань 14 «Електрична інженерія»  
за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та  
електромеханіка»

### **Актуальність теми дисертаційної роботи.**

Тема дисертації є актуальною, спрямованою на підвищення ступеню самоспоживання локальних об'єктів, для електрозабезпечення яких використовують гібридні енергетичні системи з відновлюваними джерелами енергії. Важливість сталого енергозабезпечення об'єктів є особливо очевидною в умовах непередбачуваних змін, які пов'язані з перебоями в електропостачанні через ворожі обстріли енергетичної інфраструктури України.

Однією з проблем при впровадженні гібридних систем електроживлення є обґрунтований вибір потужностей відновлюваних джерел енергії (сонячних панелей, вітрогенератора) та технічних параметрів накопичувачів енергії, за яких забезпечується зменшення споживання електроенергії з мережі та підвищується їх автономність. Тому в дисертаційній роботі значна увага приділяється розвитку методу розрахунку параметрів обладнання гібридної системи та розробці програмного інструментарію для проведення таких розрахунків.

Актуальність теми роботи підтверджується також тим, що матеріали роботи використано під час виконання українсько-словацької НДР «Удосконалення енергоменеджменту гібридних фотоелектричних систем локальних об'єктів з накопичувачами енергії» (№ держреєстрації 0123U103763, 2023 рр.), де здобувач був виконавцем Розділу 1. Гібридна сонячно-вітрова система для самоспоживання локального об'єкта з регулюванням потужності, що споживається з мережі (здійснив опис структури гібридної ФБ-ВГ системи, підрозділ 1.2).

**Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Пісоцького А.В., є досить високою й базується на аналізі науково-технічних джерел за даною проблемою, коректній

постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, критичному аналізі отриманих результатів, якісному формулюванні отриманих висновків.

Основні теоретичні напрацювання підтверджено результатами моделювання енергетичних процесів в гібридній системі у добовому циклі з використанням програми MATLAB.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- вперше встановлено взаємозалежності між параметрами гібридної сонячно-вітрової системи з акумуляторною батареєю для власного споживання об'єкта з заданим графіком навантаження, які враховують граничні умови для генерації відновлюваних джерел (відсутність вітру або сонячного випромінювання), що дозволяє здійснити коригування встановленої потужності обладнання гібридної системи та підвищити ступінь самоспоживання об'єкта;

- удосконалено підхід до визначення середньомісячних значень енергії відновлюваних джерел в гібридній енергетичній системі локального об'єкта, який передбачає використання архівних статистичних даних щодо швидкості вітру та сонячної генерації за багаторічний період в місці розміщення об'єкту, що дозволяє оперативно оцінити генерацію відновлюваних джерел в обраній локації (передмістя Києва) за часовими інтервалами відповідно до графіку навантаження;

- набула подальшого обґрунтування концепція щодо використання в гібридній енергетичній системі локального об'єкта вітрогенератора як додаткового джерела живлення малої потужності, який дозволяє збільшити сумарну генерацію енергії з відновлюваних джерел в зимовий період, забезпечуючи зменшення споживання електроенергії з мережі до бажаного рівня.

#### **Практична значимість отриманих результатів.**

В дисертаційній роботі розроблено рекомендації щодо формування стану заряду акумуляторної батареї у складі гібридної енергетичної системи локального об'єкта, які спрямовані на мінімізацію заряду у нічний час з одним циклом глибокого розряду на добу, що дозволить підвищити термін експлуатації акумулятора. Складений алгоритм розрахунку параметрів мережевої гібридної сонячно-вітрової системи з акумулятором з оцінкою показників ефективності її функціонування, на основі якого розроблено програмне забезпечення у вигляді застосунку для персонального комп'ютера.

Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес кафедри комп'ютерної інженерії та електромеханіки КНУТД при викладанні дисциплін

«Відновлювальні джерела електроенергії», «Комбіновані системи електроживлення і забезпечення якості електроенергії» на третьому (освітньо-науковому) та «Інноваційні технології електроенергетики, електротехніки та електромеханіки» на першому (бакалаврському) рівнях вищої освіти.

**Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях та їх апробація.**

Основні положення та результати дисертаційної роботи відображено у 11 наукових публікаціях, з яких 3 статті у наукових фахових виданнях України, 1 – в закордонному виданні, що індексується у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та Web of Science, 1 – в закордонному виданні, 6 – у матеріалах конференцій, з яких 1 проіндексована у міжнародній наукометричній базі даних Scopus. Основні наукові положення та результати дисертаційної роботи пройшли апробацію на міжнародних наукових симпозиумах та конференціях.

**Оцінка змісту дисертаційної роботи, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.**

Дисертація Пісоцького Андрія Валерійовича написана українською мовою. Текст дисертації викладений логічно і послідовно з використанням загальноприйнятої термінології. Ілюстрації та інформативні матеріали виконані з дотриманням вимог чинних стандартів.

Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та чотирьох додатків.

У *вступі* обґрунтовано актуальність роботи, її зв'язок з науковими програмами та темами, сформульовано мету та завдання дослідження, викладено наукову новизну, описано методи дослідження, дані про практичне значення одержаних результатів, публікації, наведені відомості про особистий внесок здобувача.

У *першому* розділі дисертаційної роботи проведений аналіз гібридних енергетичних систем для електрозабезпечення локальних об'єктів, визначено особливості їх побудови, обрано базову конфігурацію гібридної системи для проведення досліджень. Показано доцільність використання архівних даних щодо надходження сонячної радіації та швидкості вітру з відкритих інформаційних ресурсів для визначення потужності обладнання підключеного до мережі гібридних сонячно-вітрових систем з акумулятором. Розглянуто методи оптимізації, що використовують в гібридних енергетичних системах, які підбирають в залежності від задач дослідження. Показано, що для пошуку оптимальної конфігурації гібридної системи знайшли використання техніко-

економічні показники. Відзначено, що розробка та аналіз гібридних електроенергетичних систем для самоспоживання об'єктів є достатньо складним завданням та потребує використання інструментів інформаційно-програмної підтримки.

У *другому* розділі оцінено генерацію відновлюваних джерел у складі гібридної сонячно-вітрової системи для електроживлення локального об'єкта. За допомогою статистичного аналізу визначено основні технічні параметри вітрогенератора для досліджуваної локації, здійснено опис характеристики його потужності у вигляді дискретно-параметричної моделі. Визначено продуктивність вітрогенератора та здійснено оцінку виробництва сонячної енергії фотоелектричною системою. Обґрунтовано можливість використання в розрахунках параметрів гібридних систем архівних даних сонячної генерації та швидкості вітру, завантажених за допомогою системи PVGIS. Запропонований метод визначення сумарної генерації відновлюваних джерел енергії.

У *третьому* розділі систематизовано показники для кількісної оцінки ефективності функціонування гібридних систем на основі відновлюваних джерел енергії для самоспоживання об'єкта. Для оцінки економічної вигоди для споживача запропонований показник зменшення витрат на споживання з розподільної мережі. Запропонований принцип реалізації гібридної системи для умовного локального об'єкта з однозонною тарифікацією, який передбачає тільки один цикл глибокого розряду акумулятора у вечірній пік. Розвинуто метод розрахунку параметрів обладнання гібридної системи з акумуляторною батареєю для власного споживання об'єкта. Надані рекомендації щодо формування ступеню заряду акумулятора.

У *четвертому* розділі представлений покроковий опис алгоритму розрахунку параметрів мережевої гібридної сонячно-вітрової системи з акумулятором для підвищення ступеню самоспоживання об'єкта. За складеним алгоритмом розроблено програмне забезпечення у вигляді застосунку для персонального комп'ютера. Програма надає детальні результати на всіх етапах розрахунків та кінцеві дані, зокрема показник ефективності, що характеризує економію коштів за оплату споживаної з мережі електроенергії. Робота програми перевірена на контрольному прикладі.

У висновках представлено узагальнення наукових результатів, отриманих під час розв'язання поставлених задач дослідження. Висновки до розділів та за результатами усієї роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел досить повний, складається зі 102 найменувань і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

У дисертаційній роботі Пісоцького Андрія Валерійовича ознак академічного плагіату не виявлено. Усі використані джерела коректно цитовані, а наукові результати отримані автором самостійно.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

### **Зауваження до дисертаційної роботи.**

1. У підрозділі 1.2 з докладністю розглядаються різні методи визначення потенціалу відновлюваних джерел енергії, у тому числі з використанням геоінформаційних систем, зокрема системи PVGIS. Однак, в роботі недостатньо обґрунтовано, чому обрана саме ця система, чи є достатньою дискретність даних швидкості вітру та сонячної інсоляції, що надаються системою PVGIS.

2. Не зрозуміло, чому при визначенні вітрових характеристик за роками спостережень був обраний саме період з 2012 по 2016 рр.

3. Потребує пояснень формула (3.10). На основі яких припущень вона отримана?

4. Немає пояснень, чому в табл. 3.4 наведені значення коефіцієнту  $m$  для номінальної швидкості вітрогенератору  $V_R \geq 3$  м/с, а на рис. 3.2 – для  $V_R \geq 2$  м/с.

5. При визначенні коефіцієнту  $m_p$ , який використовується для перерахунку потужності сонячної батареї в гібридній системі, приймається середнє значення сонячної генерації за п'ять років. В дисертації не пояснюється, чи впливає на результати розрахунків часовий період усереднення даних сонячної генерації.

6. Для підтвердження позитивних здобутків у дисертації бажано було б привести отримані результати моделюванням в системі MATLAB не тільки для червня, але й для місяця з найменшою тривалістю світлового дня, наприклад, грудня.

7. У тексті дисертації є граматичні неточності, зокрема на стор. 3 в назві Розділу 4. На стор. 12 вводиться аббревіатура ВДЕ, яка вже додана до Переліку умовних позначень та скорочень; на стор. 20 в табл. 1.1 присутнє скорочення ВГУ, розшифровка якого відсутня в тексті роботи.

Втім, зазначені зауваження не стосуються основних положень і результатів дисертаційної роботи і не піддають сумніву її наукову та практичну значущість. Тому вказані недоліки не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

### Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Пісоцького Андрія Валерійовича на тему «Обґрунтування вибору параметрів гібридної сонячно-вітрової системи для підвищення ступеню самоспоживання об'єкта» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі електричної інженерії.

Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.6 – 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44.

Здобувач Пісоцький Андрій Валерійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент,  
виконуючий обов'язки завідувача  
кафедри інженерії енергосистем  
Національного університету біоресурсів  
і природокористування України,  
кандидат технічних наук, доцент

Євген АНТИПОВ

