

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу
Хомяка Андрія Олеговича
на тему «Інтелектуальна система регулювання режимів роботи сонячної
електростанції»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії
в галузі знань 14 Електрична інженерія
за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми дисертації.

Забезпечення енергетичної стійкості країни, посилення енергетичної безпеки та зміцнення стійкості енергосистеми, в тому числі, за рахунок ефективної інтеграції відновлюваних джерел енергії, є пріоритетними завданнями сьогодення і одним із стратегічних напрямків енергетичної політики України. Удосконалення методів прогнозування та контролю генерації електроенергії сонячними електростанціями є важливим інструментом підвищення ефективності застосування резервів потужності для компенсації небалансів, які виникають в енергосистемі в результаті зміни навантаження, а також реагування на відхилення частоти, а отже забезпечення стійкості енергосистеми.

Актуальність та своєчасність теми дисертаційного дослідження підтверджується її узгодженістю з напрямом «Енергетика та енергоефективність» Закону України «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки» № 2519-VI від 09.09.2010 р. (із змінами, внесеними згідно із Законом N 3534-IX від 21.12.2023 р.)

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі автоматизації електротехнічних та мехатронних комплексів КПІ ім. Ігоря Сікорського в рамках науково-дослідної роботи «Розроблення моделей та методів математичного забезпечення вирішення проблеми енергетичної безпеки регіонів України» (державний реєстраційний номер: 0122U201095).

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Обґрунтованість і достовірність наведених у дисертації наукових результатів забезпечується детальним аналізом інформаційних джерел за темою дисертаційного дослідження, чіткою постановкою мети і задач дисертації, коректністю прийнятих припущень, які лежать в основі проведених наукових досліджень, а також застосуванням сучасних загально визнаних наукових підходів, методів та методик. Результати проведених чисельних розрахунків узгоджуються з отриманими теоретичними висновками. Отримані в дисертації висновки обґрунтовані, коректні і повністю відповідають зазначеним задачам дослідження.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в розвитку та удосконаленні механізму реагування на виникнення небалансу потужності та відхилення частоти в енергосистемі, зокрема:

- запропоновано метод реагування на зміну величини сонячної генерації, який передбачає застосування нейронних мереж для короткочасного прогнозування з горизонтом 15 хвилин, в тому числі, для розпізнавання образів Сонця і хмар на небі та аналізу траєкторії їх руху для отримання прогнозних значень генерації електроенергії в режимі реального часу, що дозволяє реалізувати балансування енергосистеми за рахунок активації більш повільних резервів відновлення частоти.

- запропоновано метод багатокритеріального аналізу ефективності роботи сонячних електростанцій, який базується на застосуванні рангових коефіцієнтів узгодженості та дає змогу виконати ранжування сонячних електростанцій за їх впливом на енергосистему, що забезпечує можливість збільшення швидкості реагування диспетчерського персоналу оператора системи передачі на відхилення частоти в енергосистемі.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Хомяка А.О. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та напрямкам досліджень відповідно до освітньої програми 14 Електрична інженерія

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям 14 Електрична інженерія.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Хомяка А.О. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Викладення матеріалів відзначається логічною послідовністю, а стиль написання є науковим. Широко використовуються загальноприйняті в українській та європейській практиці терміни в сфері «енергетика та енергоефективність».

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та 4 додатків. Загальний обсяг дисертації 249 сторінок.

У вступі розглянуто основні положення та результати дисертації.

У першому розділі розглядається проблематика керування енергосистемою України та прогнозування її розвитку в умовах війни, розглядається питання впровадження розосередженої генерації в контексті стійкості енергосистеми України, а також вплив відновлюваних джерел енергії, зокрема, сонячних електростанцій, на стійкість та стабільну роботу енергосистеми України. Розглядається проблема зниження інерційності енергосистем.

У другому розділі аналізується режим роботи сонячної електростанції, визначаються характеристики та фактори, що залежать від години доби та сезонності. Проводиться аналіз обсягів сонячної генерації та змін потужності у

випадку впровадження установок зберігання енергії і Grid-Forming інверторів. Досліджуються ціни, що склались на ринку на добу наперед і на ринку допоміжних послуг для резерву підтримки частоти в Україні та країнах Європи. Запропоновано підхід до активації автоматичного резерву відновлення частоти за рахунок впровадження штучного інтелекту для збору прогнозних даних зміни величини генерації електричної енергії на сонячних електростанціях.

В третьому розділі створюється згорткова нейронна мережа для аналізу положення Сонця і хмар, що дозволить в короткостроковій перспективі спрогнозувати величину зміни генерації електричної енергії сонячною електростанцією.

В четвертому розділі порівнюється існуючі методи аналізу та ранжування об'єктів. Запропоновано метод рангових коефіцієнтів та на прикладі трьох умовних сонячних електростанцій проведено розрахунок з вибором параметрів для багатокритеріального алгоритму аналізу ефективності роботи сонячних електростанцій. Проаналізовано ринки електричної енергії на основі даних від відповідних операторів системи передачі країн Європи та в Україні.

У висновках вказано основні результати дисертаційної роботи.

У додатках наведено результати обробки даних, проміжні розрахунки та результати дослідження, а також акт впровадження.

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

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Наукові результати дисертації висвітлені у 3 наукових публікаціях здобувача у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України. Також результати дисертації були апробовані на 4 наукових фахових конференціях. Таким чином, описані в дисертаційній роботі наукові результати повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Публікації здобувача оформлені на високому науковому рівні, відсутні порушення принципів академічної доброчесності. Основні положення та результати дисертаційного дослідження були отримані автором самостійно.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Робота дещо переобтяжена детальним аналізом особливостей ринку енергії та структури генерації електроенергії в країнах Європи, аналізом генерації електроенергії під час роботи обраної для дослідження сонячної електростанції, описом результатів обчислень (в тому числі, представлених у графічній та/або табличній формі), описом існуючих видів нейронних мереж та середовища програмування, тощо.

2. В даних, що використовуються для аналізу роботи сонячної електростанції у другому розділі, спостерігається генерація електричної енергії в нічні години, що може впливати на точність і достовірність розрахунків.

3. На даний час не існує Grid-Forming інверторів для сонячних електростанцій, що випускаються в готовому вигляді в промислових масштабах, що може вплинути на термін окупності сонячних електростанцій, за умови введення обов'язкової норми в кодекс системи передачі.

4. Встановлення установок зберігання енергії матиме істотний вплив на терміни окупності сонячних електростанцій, що може зменшити інвестиційну привабливість проектів з будівництва нових генеруючих потужностей.

5. В роботі наведено результати низки обчислень, проте відсутній опис методики їх виконання, а також механізму їх використання для прийняття подальших рішень, що ускладнює розуміння призначення отриманих результатів та їх застосування.

6. В тексті дисертації присутні граматичні помилки, описки та стилістичні неточності, які не впливають на загальне розуміння змісту роботи

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Хомяка Андрія Олеговича на тему «Інтелектуальна система регулювання режимів роботи сонячної електростанції» 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 14 Електрична інженерія. 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 Хомяк Андрій Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:

Професор кафедри електричної інженерії Луцького національного технічного університету
доктор технічних наук, професор



Людмила ДАВИДЕНКО

«22» травня 2025 року

