

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0826U004376

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 06-08-2026

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ № 360 від 14.09.2026р.



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Затхей Максим Вікторович

2. Maksym Zatkhei

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Вид дисертації: доктор філософії

Аспірантура/Докторантура: так

Шифр наукової спеціальності: 141

Назва наукової спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Галузь / галузі знань: електрична інженерія

Освітньо-наукова програма зі спеціальності: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Дата захисту: 28-08-2026

Спеціальність за освітою: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача: Організація відсутня

Код за ЄДРПОУ: 00000000

Місцезнаходження: -----, Київ, 00000, Україна

Форма власності: Змішана

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 15310

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

IV. Відомості про підприємство, установу, організацію, в якій було виконано дисертацію

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.29.29, 44.37.29, 44.41.29

Тема дисертації:

1. Методи оптимізації функціонування фотоелектричних станцій з установками накопичення енергії в умовах енергетичного ринку.
2. Methods for Optimizing the Operation of Photovoltaic Power Plants with Energy Storage Systems in Electricity Market Conditions.

Реферат/анотація:

1. Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності функціонування фотоелектричних станцій з установками зберігання енергії в умовах ринку електричної енергії. Актуальність дослідження зумовлена зростанням частки відновлюваних джерел енергії, мінливістю сонячного генерування, необхідністю точного прогнозування виробітку та дотримання заявлених графіків відпуску електроенергії, а також потребою зменшення небалансів і підвищення економічної ефективності роботи енергетичних комплексів ФЕС+УЗЕ. Метою роботи є удосконалення методів прогнозування генерування фотоелектричних станцій і цін ринку «на добу наперед», а також розроблення алгоритмів оптимального керування установками зберігання енергії з урахуванням технічних обмежень, вартості небалансів, ринкової кон'юнктури та деградації акумуляторної системи. У роботі проаналізовано сучасні підходи до прогнозування генерування ФЕС, цін РДН та керування системами накопичення енергії.

Для прогнозування виробітку фотоелектричної станції запропоновано ансамблевую модель на основі алгоритмів Random Forest, XGBoost і LightGBM із попередньою обробкою даних, формуванням оптимальної навчальної вибірки, згладжуванням прогнозу фільтром Савіцького–Голея та застосуванням квантильного підходу. Це дало змогу підвищити стійкість прогнозування в умовах змінної інсоляції та врахувати невизначеність під час формування ринкової номінації. Для прогнозування цін ринку «на добу наперед» розроблено модель, що поєднує сингулярний спектральний аналіз і рекурентні нейронні мережі LSTM. Передбачено конструювання та відбір інформативних ознак, нормалізацію даних, декомпозицію цінового ряду на складові з різними частотними характеристиками, навчання окремих моделей і корекцію накопиченої похибки. Запропонований підхід забезпечує врахування нелінійності, нестационарності та часових залежностей цінового ряду й може бути використаний для планування режимів заряду та розряду накопичувача. Сформовано математичну модель енергетичного комплексу ФЕС+УЗЕ, яка враховує потужність заряду і розряду, ємність, стан заряду, коефіцієнти корисної дії, втрати енергії, вартість небалансів, ринкові ціни та еквівалентну деградацію акумуляторної батареї. Розроблено алгоритми реалізації двох основних стратегій роботи УЗЕ: цінового арбітражу на РДН і балансування генерування ФЕС. Запропоновано інтегрований алгоритм прийняття рішень, який об'єднує прогноз генерування, прогноз цін, оцінку небалансів, технічні обмеження та вибір економічно доцільного режиму роботи накопичувача. За результатами числового моделювання підтверджено ефективність ансамблевого прогнозування генерування ФЕС та доцільність застосування SSA-LSTM-моделі для прогнозування цін РДН. Установлено, що перевага арбітражної або балансуючої стратегії визначається величиною цінового спреда, похибкою прогнозування генерування, вартістю небалансів і технічними характеристиками УЗЕ. Урахування деградації батареї дає змогу уникати режимів, які забезпечують короткостроковий прибуток, але скорочують ресурс накопичувача. Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні моделей прогнозування генерування ФЕС і цін РДН, розвитку квантильного підходу до формування ринкової заявки та розробленні інтегрованого методу керування комплексом ФЕС+УЗЕ з урахуванням прогнозованої невизначеності, ринкових сигналів, небалансів і деградації акумуляторної системи. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання під час проектування, модернізації та експлуатації фотоелектричних станцій з накопичувачами енергії, формування заявок на РДН, зменшення витрат на небаланси, вибору оптимальної стратегії роботи УЗЕ та розроблення програмних засобів підтримки прийняття рішень оператором енергетичного комплексу.

2. Дисертаційну роботу присвячено розв'язанню актуального науково-прикладного завдання підвищення ефективності функціонування фотоелектричних станцій з установками зберігання енергії в умовах ринку електричної енергії. Актуальність дослідження зумовлена зростанням частки відновлюваних джерел енергії, мінливістю сонячного генерування, необхідністю точного прогнозування виробітку та дотримання заявлених графіків відпуску електроенергії, а також потребою зменшення небалансів і підвищення економічної ефективності роботи енергетичних комплексів ФЕС+УЗЕ. Метою роботи є удосконалення методів прогнозування генерування фотоелектричних станцій і цін ринку «на добу наперед», а також розроблення алгоритмів оптимального керування установками зберігання енергії з урахуванням технічних обмежень, вартості небалансів, ринкової кон'юнктури та деградації акумуляторної системи. У роботі проаналізовано сучасні підходи до прогнозування генерування ФЕС, цін РДН та керування системами накопичення енергії. Для прогнозування виробітку фотоелектричної станції запропоновано ансамблевую модель на основі алгоритмів Random Forest, XGBoost і LightGBM із попередньою обробкою даних, формуванням оптимальної навчальної вибірки, згладжуванням прогнозу фільтром Савіцького–Голея та застосуванням квантильного підходу. Це дало змогу підвищити стійкість прогнозування в умовах змінної інсоляції та врахувати невизначеність під час формування ринкової номінації. Для прогнозування цін ринку «на добу наперед» розроблено модель, що поєднує сингулярний спектральний аналіз і рекурентні нейронні мережі LSTM. Передбачено конструювання та відбір інформативних ознак, нормалізацію даних, декомпозицію цінового ряду на складові з різними частотними характеристиками, навчання окремих моделей і корекцію накопиченої похибки. Запропонований підхід забезпечує врахування нелінійності, нестационарності та

часових залежностей цінового ряду й може бути використаний для планування режимів заряду та розряду накопичувача. Сформовано математичну модель енергетичного комплексу ФЕС+УЗЕ, яка враховує потужність заряду і розряду, ємність, стан заряду, коефіцієнти корисної дії, втрати енергії, вартість небалансів, ринкові ціни та еквівалентну деградацію акумуляторної батареї. Розроблено алгоритми реалізації двох основних стратегій роботи УЗЕ: цінового арбітражу на РДН і балансування генерування ФЕС. Запропоновано інтегрований алгоритм прийняття рішень, який об'єднує прогноз генерування, прогноз цін, оцінку небалансів, технічні обмеження та вибір економічно доцільного режиму роботи накопичувача. За результатами числового моделювання підтверджено ефективність ансамблевого прогнозування генерування ФЕС та доцільність застосування SSA-LSTM-моделі для прогнозування цін РДН. Установлено, що перевага арбітражної або балансуючої стратегії визначається величиною цінового спреда, похибкою прогнозування генерування, вартістю небалансів і технічними характеристиками УЗЕ. Урахування деградації батареї дає змогу уникати режимів, які забезпечують короткостроковий прибуток, але скорочують ресурс накопичувача. Наукова новизна одержаних результатів полягає в удосконаленні моделей прогнозування генерування ФЕС і цін РДН, розвитку квантильного підходу до формування ринкової заявки та розробленні інтегрованого методу керування комплексом ФЕС+УЗЕ з урахуванням прогнозованої невизначеності, ринкових сигналів, небалансів і деградації акумуляторної системи. Практичне значення результатів полягає у можливості їх використання під час проектування, модернізації та експлуатації фотоелектричних станцій з накопичувачами енергії, формування заявок на РДН, зменшення витрат на небаланси, вибору оптимальної стратегії роботи УЗЕ та розроблення програмних засобів підтримки прийняття рішень оператором енергетичного комплексу.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0122U001577

Пріоритетний напрям розвитку науки і техніки: Енергетика та енергоефективність

Стратегічний пріоритетний напрям інноваційної діяльності: Освоєння нових технологій транспортування енергії, впровадження енергоефективних, ресурсозберігаючих технологій, освоєння альтернативних джерел енергії

Підсумки дослідження: Нове вирішення актуального наукового завдання

Публікації:

1. Кулик, В. В.; Затхей, М. В. Підвищення точності прогнозу виробництва електроенергії фотоелектричними станціями на основі методу RANDOM FOREST. Вісник ВПІ, 2024, вип.6, с. 52–61.
2. Кулик, В. В.; Затхей, М. В. Підвищення якості короткострокового прогнозування обсягів генерування фотоелектричних станцій на основі рекурентних нейронних мереж. Вісник ВПІ, 2025, вип. 5, с. 25–35.
3. Volodymyr Kulyk, Vira Teptya, Sviatoslav Vishnevskyi, Yurii Hrytsiuk, Iryna Hrytsiuk, and Maksym Zatkhei, "Development of a method for optimizing industrial energy storage units placement in electric distribution networks on the basis of ideal current distribution," Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2022. – № 3/8(117).
4. Підвищення енергоефективності розподільних електричних мереж з використанням промислових накопичувачів енергії. В. В. Кулик, М. В. Затхей, Матеріали XVI міжнародної конференції "Контроль і управління в складних системах (КУСС-2022)", м. Вінниця, 15-17 листопада 2022 р. – Електронний збірник наукових праць, Вінниця: ВНТУ, 2022
5. Керування розподіленим генеруванням у електричній системі з використанням ARFC, В. В. Кулик, М. В. Затхей, в матеріалах Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2023)", м. Вінниця, 22 червня 2023 р
6. Підвищення точності короткострокового прогнозу генерування фотоелектричних станцій, В. В. Кулик, М. В. Затхей, в матеріалах Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)", м. Вінниця, 20-21 травня 2024

- 7. Підвищення точності прогнозу виробництва електроенергії фотоелектричними станціями на основі методу Random Forest», В. В. Кулик, М. В. Затхей, в матеріалах Міжнародної науково-технічної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2024)», м. Вінниця, 16-17 жовтня 2024 р
- 8. Оптимізація короткострокового прогнозування генерування сонячних електростанцій із використанням рекурентних нейронних мереж, Володимир Кулик, Максим Затхей в матеріалах Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції "Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2025)", м. Вінниця, 15-16 червня 2025 р.
- 9. Особливості використання рекурентних нейронних мереж для оперативного прогнозування виробництва енергії фотоелектричними станціями. Володимир Кулик, Максим Затхей. в матеріалах Міжнародної науково-технічної конференції "Оптимальне керування електроустановками (ОКЕУ-2025)", м. Вінниця, 22-23 жовтня 2025 р.

Наукова (науково-технічна) продукція: пристрої; технології; методи, теорії, гіпотези

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів; підвищення продуктивності праці

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впровадження не планується

Зв'язок з науковими темами: 0122U001577

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кулик Володимир Володимирович

2. Volodymyr V. Kulyk

Кваліфікація: д.т.н., доцент, 05.14.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7594-5661

Додаткова інформація: <http://scholar.google.com.ua/citations?user=0Pkm0CcAAAAJ&hl=ru;>

<http://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=56997218000;>

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/R-1122-2018>

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Черкашина Вероніка Вікторівна

2. Veronika Cherkashyna

Кваліфікація: д. т. н., доц., 05.14.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-5639-9722

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут"

Код за ЄДРПОУ: 02071180

Місцезнаходження: вул. Кирпичова, Харків, Харківський р-н., 61002, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Мірошник Володимир Олександрович

2. Volodymyr O. Miroshnyk

Кваліфікація: к. т. н., 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-9036-7268

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Лежнюк Петро Дем'янович

2. Petro D. Lezhniuk

Кваліфікація: д. т. н., професор, 01.05.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-9366-3553

Додаткова інформація: <https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=6507787489>;

<https://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=E-IK7SYAAAAJ>;

<https://www.webofscience.com/wos/author/record/553393>

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Сікорська Олена Вікторівна

2. Olena V. Sikorska

Кваліфікація: к. т. н., доц., 05.14.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0001-7341-9724

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
голови ради**

Комар Вячеслав Олександрович

**Власне Прізвище Ім'я По-батькові
головуючого на засіданні**

Комар Вячеслав Олександрович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Іванчук Ярослав Володимирович

Реєстратор

Юрченко Тетяна Анатоліївна

**Керівник відділу УкрІНТЕІ, що є
відповідальним за реєстрацію наукової
діяльності**



Юрченко Тетяна Анатоліївна