

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U001499

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 05-05-2025

Статус: Наказ про видачу диплома

Реквізити наказу МОН / наказу закладу: Наказ №НСВС/59/25 від 21.07.2025
Національного технічного університету України "Київського політехнічного інституту
імені Ігоря Сікорського"



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Хомяк Андрій Олегович

2. Andrii O. Khomiak

Кваліфікація:

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-0315-0883

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: 02-07-2025

Спеціальність за освітою: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Місце роботи здобувача:

Код за ЄДРПОУ:

Місцезнаходження:

Форма власності:

Сфера управління:

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 8644

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

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

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.37.31, 44.37.33, 44.09.39, 44.09.41, 44.09.03

Тема дисертації:

1. ІНТЕЛЕКТУАЛЬНА СИСТЕМА РЕГУЛЮВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ СОНЯЧНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ
2. Intelligent system for regulating the operating modes of a solar power plant

Реферат:

1. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктор філософії за спеціальністю 141 –«Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (14–Електрична інженерія). – Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Київ, 2025. Дисертаційне дослідження «Інтелектуальна система регулювання режимів роботи сонячної електростанції» присвячене актуальному науковому завданню підвищення рівня енергоефективності енергосистеми України шляхом розроблення моделей та методів моніторингу, прогнозування та контролю для забезпечення енергетичної стійкості країни. Для аналізу проблем галузі було обрано сонячні електростанції, що є джерелами відновлюваної енергетики. Дисертаційне дослідження відповідає пріоритетному напрямку розвитку країни: «Енергетика та енергоефективність» (Енергоефективність і енергозбереження, ринки енергоресурсів; Енергоменеджмент, інформаційно-аналітичне та нормативно-методичне забезпечення енергетичної галузі; Екологічно

збалансована енергетична безпека) що затверджений постановою Кабінету міністрів України від 7 вересня 2011 р. № 942 «Про затвердження переліку пріоритетних тематичних напрямів наукових досліджень і науково-технічних розробок на період до 2023 року» (в редакції постанови Кабінету Міністрів України від 9 травня 2023р. №463). Мета. Підвищення ефективності застосування резервів енергосистеми для компенсації небалансів, що виникають при зміні навантаження на сонячних електростанціях. Здешевлення процесу компенсації небалансів, що виникають при зміні навантаження на сонячних електростанціях. Актуальність. Тема спрямована на підвищення енергетичної стійкості України та вирішення задачі компенсації небалансів внаслідок роботи сонячних електростанцій. Новизна теми полягає у розробленні нового підходу до керування сонячними електростанціями та реагування на відхилення частоти в енергосистемі за рахунок впровадження інтелектуальної системи регулювання режимами роботи сонячної електростанції, здатної до короткочасного планування з горизонтом планування більше 15 хвилин та отриманням сучасного інструменту превентивного реагування на виклики в енергосистемі України. Об'єкт: процес генерації електричної енергії сонячними електростанціями України. Предмет: показники генерації електричної енергії, коливання в енергосистемі, наявність резервів допоміжних послуг, а саме: резерву підтримки частоти, автоматичного та ручного резерву відновлення частоти, резерву заміщення. Наукова новизна дослідження полягає у тому, що: 1. Запропоновано метод реагування на зміну величини генерації електричної енергії на сонячних електростанціях на основі короткочасного прогнозування з використанням інтелектуальних систем на базі нейронних мереж, що дозволило змінити підхід до балансування енергосистеми та здешевити процес за рахунок активації більш повільних, проте дешевших резервів відновлення частоти. 2. Запропоновано новий математичний метод рангових коефіцієнтів узгодженості та критерії до багатокритеріального аналізу ефективності роботи електростанцій, що дозволило збільшити швидкість реагування диспетчерського персоналу оператора системи передачі на відхилення в енергосистемі за рахунок ранжування сонячних електростанцій за ефективністю їх роботи та впливом на енергосистему. 3. Створено нейронну мережу для розпізнавання образів Сонця і хмар на небі та аналізу траєкторії їх руху, що дозволило отримувати прогнозні значення генерації електричної енергії на сонячних електростанціях в режимі реального часу та горизонтом прогнозування в 15 хвилин за рахунок використання згорткових нейронних мереж в середовищі програмування Python. Практичне значення. Розроблено метод рангових коефіцієнтів узгодженості, багатокритеріальний алгоритм аналізу ефективності роботи, створено інтелектуальну систему на базі нейронної мережі для аналізу положення Сонця і хмар, та подальшого прогнозування траєкторії їх руху. Створено новий метод активації допоміжних послуг для компенсації небалансів в енергосистемі, що дає змогу більш дешево компенсувати небаланси в енергосистемі за рахунок короткочасного прогнозування зміни величини генерації електричної енергії на сонячних електростанціях. Метод рангових коефіцієнтів узгодженості та багатокритеріальний алгоритм аналізу ефективності вже знайшов своє застосування в роботі НЕК «Укренерго».

2. Thesis for obtaining the Doctor of Philosophy degree in the specialty 141 - "Electric power engineering, electrical engineering and electromechanics" (14-Electrical engineering). - National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv, 2025. The dissertation study "Intelligent system for regulating the operating modes of a solar power plant" is dedicated to the current scientific task of increasing the level of energy efficiency of the energy system of Ukraine by developing models and methods of monitoring, forecasting and control to ensure the country's energy sustainability. To analyze the problems of the industry, solar power plants, which are sources of renewable energy, were chosen. The dissertation study corresponds to the priority direction of the country's development: "Energy and energy efficiency" (Energy efficiency and energy saving, energy resource markets; Energy management, information-analytical and normative-methodological support of the energy industry; Ecologically balanced energy security) which was approved by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated September 7, 2011. No. 942 "On approval of the list of priority thematic areas of scientific research and scientific and technical development for the period until 2023" (as amended by the resolution of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated May 9, 2023 No. 463). Objective. Increasing the efficiency of the use of power system reserves to compensate for imbalances that occur when the load on solar power plants

changes. Reducing the cost of the process of compensation for imbalances that occur when the load changes at solar power plants. Relevance. The topic is aimed at increasing the energy sustainability of Ukraine and solving the problem of compensation for imbalances due to the operation of solar power plants. The novelty of the topic lies in the development of a new approach to controlling solar power plants and responding to frequency deviations in the power system by implementing an intelligent system for regulating the operating modes of a solar power plant, capable of short-term planning with a planning horizon of more than 15 minutes and obtaining a modern tool for preventive response to challenges in the power system of Ukraine. Object: the process of generating electrical energy by solar power plants of Ukraine. Subject: indicators of electricity generation, fluctuations in the power system, availability of reserves of auxiliary services, namely: reserve of frequency support, automatic and manual reserve of frequency restoration, reserve of replacement. The scientific novelty of the study is that: 1. A method of responding to changes in the amount of electrical energy generation at solar power plants based on short-term forecasting using intelligent systems based on neural networks was proposed, which made it possible to change the approach to power system balancing and reduce the cost of this process by activating slower, but cheaper frequency restoration reserves. 2. A new mathematical method of ranking consistency coefficients and criteria for multi-criteria analysis of the efficiency of power plants is proposed, which made it possible to increase the speed of response of the dispatching staff of the transmission system operator to deviations in the power system due to the ranking of solar power plants according to their efficiency and impact on the power system. 3. A neural network was created to recognize images of the Sun and clouds in the sky and analyze the trajectory of their movement, which made it possible to obtain forecast values of electric energy generation at solar power plants in real time and with a forecasting horizon of 15 minutes due to the use of convolutional neural networks in the Python programming environment. Practical significance. The method of rank coefficients of consistency, a multi-criteria algorithm for the analysis of work efficiency was developed, an intelligent system based on a neural network was created for analyzing the position of the Sun and clouds, and further forecasting the trajectory of their movement. A new method of activating auxiliary services for compensating imbalances in the power system has been created, which makes it possible to more cheaply compensate imbalances in the power system due to short-term forecasting of changes in the amount of electricity generation at solar power plants. The method of rank coefficients of consistency and the multi-criteria efficiency analysis algorithm have already found their application in the work of NPC "Ukrenergo".

Державний реєстраційний номер ДіР:

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: Теоретичне узагальнення і вирішення важливої наукової проблеми

Публікації:

- Хомяк А.О., Розен В.П. Аналіз методів зміни генерації електричної енергії на сонячних електростанціях. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2023. №3 С. 29-35. <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2023.289652>, <https://energy.kpi.ua/article/view/289652/284005>.
- Хомяк А.О., Розен В.П. Аналіз режиму роботи сонячної електростанції. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2024. №3 С. 132-137 <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2024.314622>, <https://energy.kpi.ua/article/view/314622/305609>
- Хомяк А.О., Розен В.П. Аналіз цін на ринку на добу наперед та на резерв підтримки частоти в країнах континентальної Європи. Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. 2024. №4 С. 194-201 <https://doi.org/10.32782/1995-0519.2024.4.25>, https://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2024_4_194.pdf

- Хомяк А.О., Розен В.П. ANALYSIS OF FREQUENCY CONTAINMENT RESERVES AND LIMITATION OF THE RATE OF CHANGE OF POWER OF SOLAR POWER PLANTS. XXXIII Міжнародна науково-практична конференція «Trends in the development of science in the modern world», Грац, Австрія, С.377-383 DOI: 10.46299/ISG.2022.1.33, <https://isg-konf.com/uk/trends-in-the-development-of-science-in-the-modern-world/>.
- Хомяк А.О., Розен В.П. АНАЛІЗ ОБМЕЖЕННЯ ШВИДКОСТІ ЗМІНИ ПОТУЖНОСТІ СОНЯЧНИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ. XXXII Міжнародна науково-практична конференція «Modern development of science and the latest perspectives» Ванкувер, Канада. С 335-341 DOI: 10.46299/ISG.2022.1.32, <https://isg-konf.com/uk/modern-development-of-science-and-the-latest-perspectives/>.
- Хомяк А.О., Розен В.П. Аналіз режиму роботи сонячної електростанції з урахуванням сезонності. Аспірантські читання імені професора Артура Веніаміновича Праховника 09-10 квітня 2024р. <https://docs.google.com/document/d/1eyOR3jKfg5f1CCyC8I0A39hRWBba8aWV/edit>
- Хомяк А.О., Розен В.П. Інтелектуальна система регулювання режимів роботи сонячної електростанції. X Міжнародна науково-практична та навчально-методична конференція «Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'2024» <http://pems.kpi.ua/PEMS24>

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

Соціально-економічна спрямованість: економія енергоресурсів

Охоронні документи на ОПІВ:

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

Зв'язок з науковими темами: 0122U201095

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Розен Віктор Петрович

2. Viktor P. Rozen

Кваліфікація: д.т.н., професор, 05.09.03

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0440-4251

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Ковтун Світлана Іванівна
2. Svitlana I. Kovtun

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.11.04**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-6596-3460**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Інститут загальної енергетики Національної академії наук України**Код за ЄДРПОУ:** 04589627**Місцезнаходження:** вул. Антоновича, буд. 172, Київ, 03150, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Національна академія наук України**Ідентифікатор ROR:****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Давиденко Людмила Валеріївна
2. Liudmyla V. Davydenko

Кваліфікація: д. т. н., професор, 05.14.01**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0002-0176-2045**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Луцький національний технічний університет**Код за ЄДРПОУ:** 05477296**Місцезнаходження:** вул. Львівська, буд. 75, Луцьк, Луцький р-н., 43018, Україна**Форма власності:** Державна**Сфера управління:** Міністерство освіти і науки України**Ідентифікатор ROR:****Рецензенти****Власне Прізвище Ім'я По-батькові:**

1. Босак Алла Василівна
2. Alla Bosak

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.09.03**Ідентифікатор ORCID ID:** 0000-0003-0545-9980**Додаткова інформація:****Повне найменування юридичної особи:** Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Калінчик Василь Прокопович

2. Vasyl P. Kalinchuk

Кваліфікація: к.т.н., доц., 05.14.01

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4028-0185

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Код за ЄДРПОУ: 02070921

Місцезнаходження: проспект Берестейський, буд. 37, Київ, 03056, Україна

Форма власності:

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR: Не застосовується

VIII. Заключні відомості

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

Попов Володимир Андрійович

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

Попов Володимир Андрійович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Хомяк Андрій Олегович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна