

Облікова картка дисертації

I. Загальні відомості

Державний обліковий номер: 0825U000384

Особливі позначки: відкрита

Дата реєстрації: 30-01-2025

Статус: Захищена

Реквізити наказу МОН / наказу закладу:



II. Відомості про здобувача

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Шиманюк Павло Вячеславович

2. Pavlo Shymanyuk

Кваліфікація: д.філософ, 141

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-7585-7493

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: 24-05-2023

Спеціальність за освітою: Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та електромеханіка

Місце роботи здобувача: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

III. Відомості про організацію, де відбувся захист

Шифр спеціалізованої вченої ради (разової спеціалізованої вченої ради): PhD 1324

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

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

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

V. Відомості про дисертацію

Мова дисертації: Українська

Коди тематичних рубрик: 44.29.29

Тема дисертації:

1. Короткострокове прогнозування вузлових електричних навантажень в розподільних мережах
2. Short-term forecasting of nodal electrical loads in distribution network

Реферат:

1. Прогнозування вузлового електричного навантаження є ключовим напрямком досліджень в електроенергетиці через свою значущість для оптимізації планування та оперативного керування режимами електроенергетичної системи. Точність прогнозів навантажень має велике значення для економічності завантаження генеруючого обладнання та вартості електроенергії для кінцевих споживачів. Прогноз вузлових навантажень необхідний для прийняття оперативних диспетчерських заявок, корегування поточних режимів та оптимізації майбутніх режимів, а також для подання заявок на купівлю та продаж електроенергії на різних сегментах ринку. Якщо прогнозування не дає задовільних результатів, може виникнути значний небаланс енергії, який потрібно докуповувати на балансуючому ринку електроенергії, що збільшує витрати операторів системи розподілу (ОСР) та оператора системи передачі (ОСП). Починаючи з 01.07.2019 в Україні почав функціонувати новий оптовий ринок електричної енергії. Згідно з правилами ринку

ОС і ОСР, як учасникам ринку необхідно купувати електроенергію для покриття власних втрат. Для мінімізації середньозваженої ціни купівлі їм необхідно збільшувати частку на ринку двосторонніх договорів та на ринку «на добу наперед» (РДН) і зменшувати частки на внутрішньодобовому ринку (ВДР) та балансуєчому ринку (БР). Важливою науковою задачею для досягнення цих цілей є підвищення точності короткострокового прогнозування втрат електричної енергії. Виходячи із затверджених Правил ринку «на добу наперед» та внутрішньодобового ринку заявки на РДН приймаються до 12 години доби що передують добу постачання і тому найбільш актуальним стає короткостроковий прогноз з горизонтом упередження від 12 до 36 годин. Широке поширення та розвиток методів прогнозування стало можливим за рахунок розвитку обчислювальних засобів, що дозволило створювати багатфакторні моделі та проводити розрахунки з можливістю використання значних об'ємів даних без великих затрат в часі. Аналіз літературних джерел та виконані дослідження в даному напрямку показав, що більшість досліджень спрямовані на вдосконалення методів прогнозування часових рядів, однією з концепцій вдосконалення є використання сучасних методів прогнозування, а також їх модифікація та комбінація з іншими методами для вирішення тих чи інших задач. Виконані дослідження щодо ефективності використання класичних методів прогнозування, зокрема і методу експоненційного згладжування Холта-Вінтерса, результати прогнозування з використанням якого було порівняно з методами на основі ШНМ. При цьому важливою умовою під час прогнозування вузлових навантажень стало врахування зв'язків між вузлами. Показано, що застосування ШНМ глибинного навчання є найбільш ефективним методом прогнозування завдяки гнучкості та можливості моделювати багатомірні дані що повинно суттєво підвищити ефективність прогнозів. Для оцінки точності результатів прогнозування часових рядів в науковій літературі можуть зустрічатись різні функції похибок. Одними з найпоширеніших методів являється функція MAPE - середня абсолютна похибка у відсотках (mean absolute percentage error), а також функція APE - абсолютна похибка у відсотках (absolute percentage error). Крім того, можуть використовуватись функції RMSE - середньоквадратичну похибку (root mean square deviation), MSE - середньоквадратична похибка (mean square error). Вибір конкретного параметру оцінки зумовлено складністю прогнозов та інтерпретацією їх результатів. Для оцінки прогнозу вузлового навантаження використовують функцію середньої абсолютної похибки у відсотках MAPE. Визначено, що на точність результатів прогнозування значною мірою впливають і самі вхідні дані. У більшості випадків дані, які використовуються для досліджень, можуть містити певні спотворення, що викликані різними причинами: пошкодження ліній передачі даних, несправність обладнання, хакерські дії, вивід обладнання в ремонт чи інші. Показано, що для виявлення спотворень, пропусків чи аномальних значень даних необхідно проводити відповідний аналіз, що дозволяє чітко виявляти аномальні значення та проводити заміну даних для покращення результатів прогнозування вузлового навантаження та втрат електричної енергії. Для виявлення аномальних значень використовують ряд методів аналізу даних, кожен з яких має свої особливості та переваги. В дослідженнях для аналізу часових рядів досить часто використовують методи кластеризації за рахунок своєї простоти та ефективності. Найбільш поширеними методами виявлення аномальних даних є Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN), Isolation forest (IF), Elliptic envelope (EE), Local outlier factor (LOF). В більшості випадків методи аналізу даних побудовані на методах кластеризації даних. Виконавши аналіз та провівши порівняння даних методів було визначено, що усі представлені методи мають різну кількість хибних спрацювань.

2. Forecasting the nodal electric load is a key area of research in electric power due to its significance for the optimization of planning and operational control of electric power system modes. The accuracy of load forecasts is of great importance for the cost-effectiveness of loading generating equipment and the cost of electricity for end users. The forecast of nodal loads is necessary for accepting operational dispatch requests, correcting current modes and optimizing future modes, as well as for submitting applications for the purchase and sale of electricity in various market segments. If forecasting does not provide satisfactory results, there may be a significant energy imbalance that needs to be purchased in the balancing electricity market, increasing the costs of distribution system operators (DSOs) and transmission system operators (TSOs). Starting from July 1, 2019, a new wholesale electricity market began to function in Ukraine. According to the rules of the OS and OSR market, as market

participants, it is necessary to purchase electricity to cover own losses. To minimize the weighted average purchase price, they need to increase their share in the market of bilateral contracts and the day-ahead market and reduce their shares in the intraday market (IDR) and the balancing market (BR). An important scientific task for achieving these goals is to increase the accuracy of short-term forecasting of electrical energy losses. Based on the approved "day-ahead" market rules and the intraday market, applications for RDN are accepted until 12:00 a.m. of the day preceding the day of delivery, and therefore a short-term forecast with a bias horizon of 12 to 36 hours becomes the most relevant. The wide distribution and development of forecasting methods became possible due to the development of computing tools, which made it possible to create multifactorial models and carry out calculations with the possibility of using significant volumes of data without spending a lot of time. Analysis of literary sources and conducted research in this direction showed that most research is aimed at improving time series forecasting methods, one of the concepts of improvement is the use of modern forecasting methods, as well as their modification and combination with other methods to solve certain problems. Studies have been carried out on the effectiveness of using classical forecasting methods, in particular the Holt-Winters exponential smoothing method, the forecasting results of which were compared with ANN-based methods. At the same time, taking into account the connections between nodes became an important condition when forecasting nodal loads. It is shown that the application of deep learning ANNs is the most effective forecasting method due to flexibility and the ability to model multidimensional data, which should significantly increase the effectiveness of forecasts. Various error functions can be found in the scientific literature to assess the accuracy of time series forecasting results. One of the most common methods is the MAPE function - mean absolute percentage error (mean absolute percentage error), as well as the APE function - absolute percentage error. In addition, the functions RMSE - root mean square deviation, MSE - mean square error can be used. The choice of a specific evaluation parameter is determined by the complexity of forecasts and the interpretation of their results. To estimate the nodal load forecast, the mean absolute error function in MAPE percentage is used. It was determined that the accuracy of forecasting results is largely influenced by the input data itself. In most cases, the data used for research may contain certain distortions caused by various reasons: damage to data transmission lines, equipment malfunction, hacker actions, removal of equipment for repair, or others. It is shown that in order to detect distortions, omissions or anomalous data values, it is necessary to carry out an appropriate analysis, which allows you to clearly identify anomalous values and carry out data replacement to improve the results of forecasting nodal load and electrical energy losses. A number of data analysis methods are used to detect abnormal values, each of which has its own characteristics and advantages. Clustering methods are often used in research to analyze time series due to their simplicity and effectiveness. The most common methods of detecting anomalous data are Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise (DBSCAN), Isolation forest (IF), Elliptic envelope (EE), Local outlier factor (LOF). In most cases, data analysis methods are based on data clustering methods. After analyzing and comparing these methods, it was determined that all presented methods have a different number of false positives.

Державний реєстраційний номер ДіР: 0421U103395

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:

- Miroshnyk V., Shymaniuk P., Sychova V. Short term renewable energy forecasting with deep learning neural networks. Power Systems Research and Operation: Selected problems. editors: Kyrylenko O., Zharkin A. and other. Springer, 2021. pp. 121-142. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-82926-1_6.

- Miroshnyk V., Shymaniuk P., Sychova V., Loskutov S. Short-term load forecasting in electrical networks and systems with artificial neural networks and taking into account additional factors. Power Systems Research and Operation: Selected problems II. editors: Kyrylenko O., Denysiuk S. and other. 2022. pp. 87-105. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-031-17554-1_5.
- Блінов І.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Короткостроковий інтервальний прогноз сумарного відпуску електроенергії виробниками з відновлюваних джерел енергії. Праці ІЕД НАН України. 2019. №54. С. 5-12. DOI:<https://doi.org/10.15407/publishing2019.54.005>
- Черненко П.О., Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Однофакторне короткострокове прогнозування вузлових електричних навантажень енергосистеми. Технічна електродинаміка. 2020. №2. С. 67-73. DOI:<https://doi.org/10.15407/techned2020.02.067>.
- Блінов І.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Оцінка вартості похибки прогнозу «на добу наперед» технологічних втрат в електричних мережах України. Технічна електродинаміка. 2020. №5. С. 70-73. DOI: <https://doi.org/10.15407/techned2020.05.070>
- Лоскутов С.С., Шиманюк П.В. Прогнозування сумарного електричного навантаження на кожному з ієрархічних рівнів ОЕС України за допомогою нейронних мереж. Праці ІЕД НАН України. 2021. №59. С. 81-85. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2021.59.081>
- Блінов І.В., Парус Є.В., Мірошник В.О., Шиманюк П.В., Сичова В.В. Модель оцінки доцільності переходу промислових споживачів до погодинного обліку електричної енергії на роздрібному ринку. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. №1. С. 88-97. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.1.2021.242186>.
- Шиманюк П.В., Мірошник В.О., Блінов І.В., Черненко П.О. Аспекти врахування температури повітря для підвищення точності короткострокового прогнозування вузлових навантажень. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2021. №2 С.50-58. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.2.2021.247368>
- Шиманюк П.В., Мірошник В.О., Блінов І.В. Визначення втрат електричної енергії на основі прогнозів вузлового електричного навантаження. Енергетика: економіка, технології, екологія. 2022. №3. С.38-43. DOI: <https://doi.org/10.20535/1813-5420.3.2022.271484>
- Мірошник В.О., Шиманюк П.В. Аналіз методів достовіризації даних для задач короткострокового прогнозування вузлових електричних навантажень. Праці інституту електродинаміки НАН України. 2021. №60. С. 51-57. DOI: <https://doi.org/10.15407/publishing2021.60.051>
- Кучанський В.В., Шиманюк П.В., Шкарупило В.В. Розроблення штучної нейронної мережі для прогнозу характеристик перенапруг в електричних мережах. I International Scientific and Practical Conference «Problemas y perspectivas de la aplicación de la investigación científica innovadora». 2021. Pp. 105-109. DOI: <https://doi.org/10.36074/logos-11.06.2021.v1.30>.
- Blinov I., Miroshnyk V., Shymaniuk P. Short-term nodal electrical load forecasting with artificial neural networks. 2022 IEEE 8th International Conference on Energy Smart Systems (ESS). Pp.12-14. DOI: 10.1109/ESS57819.2022.9969245.
- Shymaniuk P., Miroshnyk V., Blinov I., Estimation of electrical losses in the distribution network based on nodal electrical load forecasts. 2022 IEEE KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek). 2022 pp. 1-4. DOI: 10.1109/KhPIWeek57572.2022.9916407.

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

Соціально-економічна спрямованість:

Охоронні документи на ОПВ:

Комп'ютерні програми

А.с. на комп'ютерну програму «Модель розрахунку цін та тарифів на електричну енергію» № 115250 України: заявл. 27.09.22; опубл. 13.10.22.

Впровадження результатів дисертації: Впроваджено

VI. Відомості про наукового керівника/керівників (консультанта)

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Черненко Павло Олексійович
2. Pavlo O. Chernenko

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Блінов Ігор Вікторович
2. Ihor V. Blinov

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

Ідентифікатор ORCID ID: Не застосовується

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VII. Відомості про офіційних опонентів та рецензентів

Офіційні опоненти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Кацадзе Теймураз Луарсабович

2. Teimuraz L. Katsadze

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-8365-0046

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: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Комар Вячеслав Олександрович

2. Viacheslav O. Komar

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0003-4969-8553

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Вінницький національний технічний університет

Код за ЄДРПОУ: 02070693

Місцезнаходження: вул. Хмельницьке шосе, буд. 95, Вінниця, Вінницький р-н., 21021, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Міністерство освіти і науки України

Ідентифікатор ROR:

Рецензенти

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Тугай Юрій Іванович

2. Yuriy I. Tugaj

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

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-0704-1863

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

Власне Прізвище Ім'я По-батькові:

1. Трач Ігор Васильович

2. Ihor Trach

Кваліфікація: к. т. н., старший науковий співробітник, 05.14.02

Ідентифікатор ORCID ID: 0000-0002-3345-2324

Додаткова інформація:

Повне найменування юридичної особи: Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Код за ЄДРПОУ: 05417236

Місцезнаходження: пр. Берестейський, буд. 56, Київ, 03057, Україна

Форма власності: Державна

Сфера управління: Національна академія наук України

Ідентифікатор ROR:

VIII. Заключні відомості

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

Буткевич Олександр Федотович

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

Буткевич Олександр Федотович

**Відповідальний за підготовку
облікових документів**

Шиманюк Павло Вячеславович

Реєстратор

УкрІНТЕІ

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



Юрченко Тетяна Анатоліївна