

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертацію **Сичової Вікторії Володимирівни**
«Короткострокове прогнозування небалансів електричної енергії в ОЕС
України», поданої на здобуття ступеня доктора філософії в галузі знань 14
«Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка».

З огляду на зростання ролі електроенергетики в сучасній економіці та інфраструктурі, особливо актуальним стає питання точного прогнозування електричних навантажень та небалансів електроенергії. Це зумовлено необхідністю оптимізації виробничих і розподільних процесів у енергетичному секторі, що забезпечує надійність та безпеку електропостачання. Проблема небалансів виникає через постійні відхилення значень реального споживання від очікуваного, що може спричинити нестабільність у функціонуванні енергосистеми, і, як наслідок, значні фінансові втрати й технічні проблеми, тому їхнє передбачення є важливим аспектом для мінімізації ризиків.

Таким чином, дослідження у сфері короткострокового прогнозування небалансів є важливим для підвищення надійності та ефективності електроенергетичної інфраструктури країни. Тому дисертаційна робота Сичової В., яка присвячена розв'язанню задачі короткострокового прогнозування небалансів електричної енергії в ОЕС України є актуальною.

Основні отримані авторкою результати, які мають суттєву наукову новизну:

- в дисертаційній роботі Сичовою В.В. запропоновано спосіб визначення меж «зони нечутливості» електричного навантаження до температури повітря довкілля на основі застосування перетворення Гільберта-Хуанга для декомпозиції відповідних часових рядів, що зумовило збільшення коефіцієнта кореляції між температурною складовою електричного навантаження та температурою повітря і, відповідно, призвело до підвищення надійності

виділення температурної складової електричного навантаження;

- розроблено гібридну модель для короткострокового прогнозування електричного навантаження, в якій для прогнозування базової складової використано рекурентну штучну нейронну мережу (ШНМ) LSTM, а для складової, що відображає вплив температури повітря на навантаження, використано поліноміальні регресійні залежності для кожного годинного профілю, що у порівнянні з традиційними моделями підвищило точність короткострокового прогнозування сумарного електричного навантаження в середньому на 25%;

- розроблено модель короткострокового прогнозування обсягів позитивних (профіцит) та негативних (дефіцит) небалансів електричної енергії в ОЕС України на нейромережевому базисі, у вигляді трьох ШНМ LSTM з різними довжинами вікна та кількістю нейронів прихованого шару. Для прогнозування часового ряду позитивних небалансів ШНМ об'єднано в ансамбль. Використання розроблених моделей забезпечує зменшення похибки прогнозу небалансів електричної енергії у порівнянні з методами прогнозування на основі авторегресійних моделей в середньому на 22% для позитивних небалансів електроенергії та на 81% – для негативних;

- розроблено новий метод однофакторного короткострокового прогнозування обсягу попиту на послугу балансування на основі байєсової ШНМ, яка крім найімовірнішого значення обсягу попиту на послугу балансування також дає змогу оцінювати із заданою наперед ймовірністю максимальні відхилення обсягу попиту від прогнозованого значення. На відміну від інших методів оцінювання таких максимальних відхилень, байєсова ШНМ враховує наявність «шуму» в даних, що забезпечує точнішу оцінку максимальних відхилень обсягу попиту від прогнозованого значення.

Робота має чотири розділи, в яких послідовно викладено хід виконання досліджень щодо аналізу та розвитку методів прогнозування; особливостей

функціонування нового ринку електричної енергії в Україні; розробки підходу до декомпозиції графіків передісторії електричного навантаження; розробки гібридної моделі короткострокового прогнозування сумарного електричного навантаження з урахуванням зовнішніх факторів; розробки моделі на основі ансамблів нейронних мереж LSTM для прогнозування небалансів електричної енергії; розробки моделі на основі баєсової нейронної мережі для короткострокового прогнозування обсягу попиту на послугу балансування.

Дослідження дисертації виконувалися в рамках науково-дослідних робіт відділу моделювання електроенергетичних об'єктів та систем Інституту електродинаміки НАН України відповідно до завдань державних галузевих науково-технічних програм.

Результати роботи використано для підготовки методично-навчальних матеріалів, призначених для проведення лекційних та практичних занять з дисципліни «Системи ринків електричної енергії» в процесі підготовки магістрів зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» в Навчально-науковому інституті енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського".

В межах виконання роботи опрацьовано та здійснено підготовку до прийняття як національного міжнародного стандарту IEC 62325-451-7:2021 Framework for energy market communications – Part 451-7: Balancing processes, contextual and assembly models for European style market (Інфраструктура комунікацій на енергетичному ринку. Частина 451-7: Врегулювання небалансів, контекстна та збірна моделі для Європейського ринку).

За результатами роботи було впроваджено в дослідну експлуатацію в ТОВ «НОВІ ЕНЕРГЕТИЧНІ ПРОЕКТИ» комп'ютерну програму «Модель розрахунку вартості електричної енергії споживачами».

Всі наукові результати, що виносяться на захист отримані здобувачкою особисто або за безпосередньою участю авторки.

По змісту та оформленню дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. В літературному огляді слід було б більш повно описати результати, що отримані вітчизняними дослідниками у сфері прогнозування електричних навантажень.

2. В розділі 2.4 написано, що отримані «показники можуть використовуватися як фактор стабілізації та мають бути контрольовані при прогнозуванні навантаження», але далі вони не згадуються.

3. З тексту роботи не зрозуміло, дослідження впливу яких зовнішніх факторів, окрім температури повітря, на результати прогнозування електричного навантаження були виконані?

4. В роботі недостатньо обґрунтовано вибір ШНМ LSTM, варто було виконати порівняння результатів її прогнозів із іншими типами ШНМ.

5. В роботі запропоновано моделі прогнозування сумарного електричного навантаження та небалансів електричної енергії в ОЕС України, але не показано вплив похибки прогнозування електричного навантаження на точність прогнозування небалансів.

6. В тексті роботи не зазначено на підставі чого для перевірки виду закону розподілу для часових рядів небалансів електроенергії та обсягу попиту на послугу балансування було проведено вибір саме між нормальним, рівномірним законами та законом Пуасона.

7. В тексті роботи наявні незначні стилістичні та пунктуаційні помилки.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру, не ставлять під сумнів наукову новизну або достовірність одержаних в дисертації результатів і не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи.

Представлена дисертаційна робота «Короткострокове прогнозування небалансів електричної енергії в ОЕС України», є завершеною кваліфікованою науковою працею, виконана особисто здобувачкою, має загальну єдність змісту та встановлену вимогами структуру: анотацію, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел, додатки. Дисертаційна робота є цілісною за актуальністю обраної теми, обсягом та рівнем виконаних досліджень, повнотою вирішення наукових та практичних задач, новизною і ступенем обґрунтованості отриманих результатів та практичних висновків, а також за змістом поданого в ній матеріалу робота викладена лаконічно і коректно з використанням сучасної наукової термінології.

Дисертаційна робота є результатом самостійних досліджень здобувачки і не містить елементів плагіату та запозичень, а використані ідеї, результати та матеріали інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Вважаю, що дисертація Сичової В.В. відповідає науковій спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» та вимогам «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Кабінетом Міністрів України №44 від 12 січня 2022 р., а її авторка Сичова Вікторія Володимирівна заслуговує на присудження їй наукового ступеня доктора філософії.

Рецензент
завідувач відділу оптимізації систем електропостачання
Інституту електродинаміки НАН України,
доктор технічних наук, ст. наук. співр.
8 серпня 2024 р.

Юрій ТУГАЙ

