

ВІДГУК

офіційного опонента

Блінова Ігоря Вікторовича

на дисертаційну роботу Кіянчука Владислава Михайловича

«Режими споживання електроенергії побутовими накопичувальними водонагрівачами для підвищення енергоефективності та балансування енергосистеми», представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми

Дисертаційна робота Кіянчука В. М. присвячена розв'язанню актуальної науково-технічної задачі, що полягає у підвищенні ефективності балансування електроенергетичної системи шляхом залучення керованого електроспоживання побутових споживачів. В умовах сучасного функціонування об'єднаної енергетичної системи України, яка перебуває у стані структурної трансформації, зумовленої зростанням частки відновлюваних джерел енергії, обмеженістю маневрових генеруючих потужностей та посиленням нерівномірності графіків навантаження, питання забезпечення гнучкості та надійності енергопостачання набувають особливої ваги.

У цьому контексті важливого значення набуває розвиток механізмів реагування на попит, які передбачають активне залучення споживачів до процесів балансування енергосистеми. Застосування побутових електричних накопичувальних водонагрівачів як керованого навантаження є перспективним напрямом, оскільки дозволяє здійснювати пряме реагування на попит або часове перерозподілення електроспоживання без суттєвого зниження рівня комфорту споживачів, водночас формуючи додатковий ресурс гнучкості для енергосистеми.

Робота узгоджується з сучасними тенденціями розвитку електроенергетики, включаючи цифровізацію, децентралізацію та інтеграцію до європейського енергетичного простору, а також відповідає стратегічним напрямкам розвитку енергетики України.

Тема дослідження пов'язана з виконанням науково-дослідних робіт кафедри електричних станцій НТУ «ХП», а саме: науково-дослідної роботи за планом МОН України «Дослідження інтелектуальної системи електропостачання на основі залучення активних споживачів», ДР № 0122U001313. Термін виконання: 2022–2023 рр. Науковий керівник: к.т.н., доц., Данильченко Д. О. Участь автора – виконавець окремих етапів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі

Сформульовані у дисертаційній роботі наукові положення, висновки та рекомендації є належним чином обґрунтованими. В роботі згідно до вимог сформульована актуальність теми, визначено об'єкт та предмет дослідження, мета і завдання дослідження відповідають темі роботи.

У роботі використано комплексний підхід, що базується на поєднанні теплового моделювання процесів у водонагрівачах, аналізі реальних режимів електроспоживання побутових споживачів та застосуванні методів оптимізації керування навантаженням. Отримані результати підтверджені чисельними експериментами та дослідженнями, виконаними для умов, наближених до умов функціонування програм реагування на попит, що свідчить про їх обґрунтованість і практичну цінність.

У цілому, ступінь обґрунтованості сформульованих наукових положень є достатнім і відповідає рівню, необхідному для розв'язання поставлених у роботі завдань.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність отриманих наукових та науково-практичних результатів підтверджується коректною постановкою задач дослідження, застосуванням апробованих сучасних методів аналізу, математичного моделювання та статистики, оптимізації, комп'ютерного моделювання, узгодженістю отриманих результатів із відомими теоретичними положеннями, а також проведенням чисельних експериментів із варіюванням параметрів.

Отримані результати характеризуються внутрішньою логічною узгодженістю та підтверджуються результатами відповідних експериментальних досліджень. Практична цінність роботи полягає у можливості використання запропонованих підходів для подальших досліджень у сфері реагування на попит, а також їх застосуванні під час розроблення та вдосконалення аналізу і прогнозування режимів електроспоживання та функціонування енергетичних систем.

Наукова новизна одержаних результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- отримали подальший розвиток науково-методологічні положення управління споживанням електричної енергії побутовими водонагрівачами з урахуванням техніко-економічних критеріїв їх роботи для формування графіку надання послуг на балансуєчому ринку електричної енергії України агрегатором, що дозволяє

підвищити ефективність балансування ОЕС України;

- вперше теоретично обґрунтовані комплексні параметри режимів роботи ЕНВ та параметри складу портфелю агрегатора, що відрізняються врахуванням енергоефективності та комфорту користування, та дозволяють визначати можливість залучення ЕНВ до різновиду управління споживанням електричної енергії «реагування на попит»;

- вперше запропоновано метод визначення парето-оптимальних температурних уставок ЕНВ, що відрізняється врахуванням стратифікації температури води у баку ЕНВ, який дозволяє підтримувати енергоефективність роботи ЕНВ та комфорт споживача;

- отримала подальший розвиток імітаційна модель управління електроспоживанням ЕНВ шляхом врахування просторово-часової динаміки теплових процесів в ЕНВ та поведінкових особливостей їх використання, що дозволило підвищити ефективність формування заявок агрегатором на балансуєчому ринку електричної енергії.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична значущість отриманих результатів полягає у формуванні науково обґрунтованих передумов для широкого залучення побутових споживачів до процесів балансування в енергосистемі. Зокрема, результати дослідження дозволяють оцінювати вплив зовнішніх факторів на потенціал гнучкості споживання, що є важливим при прогнозуванні можливостей участі таких ресурсів у балансуванні.

Крім того, результати роботи можуть бути використані під час формування організаційно-технічних рішень щодо взаємодії учасників ринку електричної енергії, сприяючи інтеграції побутових споживачів у механізми реагування на попит. У цілому, отримані результати мають вагоме значення як для розвитку наукових підходів до управління попитом, так і для практичної реалізації сучасних концепцій балансування електроенергетичних систем.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1) в НЕК «Укренерго» (м. Київ) – для аналізу, проектування та техніко-економічного обґрунтування інтелектуальних систем керування енергоспоживанням побутових споживачів з накопичувальними водонагрівачами, з метою розробки, верифікації та практичного впровадження підходів до їх інтеграції у програми реагування на попит;

2) в ГС «СІГРЕ-Україна» (м. Київ) – при підготовці технічної брошури профільної робочої групи WG № C5.1UA «Керування попитом (Demand Response – DR) в ОЕС України»;

3) в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» (м. Харків) – у навчальному процесі кафедри «Електричних станцій» під час реалізації компонентів освітньо-наукових програм G3 «Електроенергетика» та G3/G5 «Стала та відновлювана енергетика: електрична та мікроелектронна інженерія».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення і результати дисертаційних досліджень, відображено у 19 наукових публікаціях: 1 наукова стаття у фахових наукових виданнях України категорії «А», 3 наукових статті у фахових наукових виданнях України категорії «Б»; 15 у матеріалах апробаційного характеру, з яких 2 проіндексовані у Міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science. Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота Кіянчука В. М. є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого достатньо висвітлені.

Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії, затвердженого Постановою КМУ від 12.01.2022 р. №44.

Оцінка змісту дисертаційної роботи.

Дисертаційна робота Кіянчука В. М. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, 2 додатків.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність обраної тематики, визначено мету та завдання дослідження, окреслено зв'язок із науковими програмами, а також представлено наукову новизну, практичне значення отриманих результатів, рівень їх апробації та публікацій здобувача.

У першому розділі здійснено узагальнення сучасних підходів до реалізації механізмів реагування на попит та визначено їх місце в процесах впливу на

результати роботи ринку електричної енергії. Розглянуто інструменти взаємодії оператора системи передачі зі споживачами, проаналізовано міжнародний досвід та окреслено перспективи впровадження відповідних механізмів в Україні, зокрема в умовах розвитку «розумних» мереж і зростання ролі гнучких ресурсів.

Другий розділ присвячено дослідженню режимів роботи електричних накопичувальних водонагрівачів як потенційного ресурсу реагування на попит. Проведено аналіз їх технічних характеристик, виконано експериментальні дослідження та удосконалено математичну модель із урахуванням теплових і часових процесів. Отримані результати підтверджено чисельним моделюванням і верифіковано на основі експериментальних даних.

У третьому розділі досліджено фактори, що визначають ефективність використання ЕНВ у програмах реагування на попит, зокрема сезонні та поведінкові аспекти споживання. Проаналізовано умови функціонування балансуючого ринку, оцінено потенціал участі побутових споживачів та запропоновано підхід до оцінювання якості забезпечення гарячою водою з урахуванням енергоефективності та комфорту.

У четвертому розділі розглянуто організаційні та технічні засади агрегації побутових споживачів. Визначено принципи функціонування агрегатора, сформовано підходи до моделювання агрегованого портфелю та його участі у ринкових механізмах. Окреслено основні бар'єри, стимули та перспективи залучення побутових користувачів до програм реагування на попит.

Висновки до розділів та за результатами роботи сформульовані чітко та відповідають змісту дисертаційної роботи.

Список використаних джерел із 116 найменувань охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації за темою дисертаційного дослідження.

Академічна доброчесність.

Порушень академічної доброчесності в дисертації та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків.

Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання.

Зауваження та рекомендації щодо змісту дисертації:

1. У науковій новизні дисертаційної роботи з 4 пункт сформульовано занадто загально, зокрема в частині розвитку імітаційної моделі управління електроспоживанням. Доцільно було б конкретизувати, як саме врахування просторово-часової динаміки теплових процесів дозволило підвищити ефективність формування заявок агрегатором на балансуєчому ринку електричної енергії.

2. У розділі 1 наведено аналіз переваг впровадження механізмів реагування на попит, однак недостатньо обґрунтовано зв'язок між «зниженням експлуатаційних витрат та рахунків кінцевих споживачів» (стор. 23) та особливостями функціонування ринку електричної енергії, який надалі розглядається в роботі. Крім того, доцільно було б окремо акцентувати увагу на потенційному впливі відповідних цінових пропозицій на результати роботи балансуєчого ринку та вартість балансування енергетичної системи, як складової ринкової ціни електричної енергії.

3. При оцінюванні похибки моделі ЕНВ у розділі 2 наведено показники, які доводять її придатність до розв'язання поставленої задачі, але не наведено порівнянь з характеристиками відомих прогностичних методів моделювання, що зменшує наочність переваг і ускладнює їх інтерпретацію.

4. У розділі 3 показана наявність ресурсу та обґрунтовано можливість участі типових побутових ЕНВ в програмах реагування на попит, однак бракує аналізу врахування впливу людського фактору на ефективність практичної реалізації цих програм, зокрема в частині можливості здійснення фактичного перенесення обсягів споживання електричної енергії в межах доби.

5. У розділі 4 інформаційна система у технічній частині описана занадто загально. Доцільно було б уточнити вимоги до побудови відповідних інформаційно-технологічних систем, каналів та протоколів обміну даними для забезпечення зв'язку учасників ринку з оператором системи передачі, а також не зрозуміло як фіксується участь окремого споживача та обсяг наданої їм послуги.

6. У розділі 4 наведена торгова діяльність агрегатора, означені фактори, які визначають планування його торгових стратегій. Разом із тим бракує рекомендацій щодо обґрунтування економічної доцільності для споживачів брати участь у програмах реагування на попит, перш за все, в умовах діючих в Україні моделей ціно- та тарифоутворення на роздрібному ринку електричної енергії.

Висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Кіянчука В.М.

