

Відділ діловодства

Вихідний № 37/32/01

"02" 01 2025

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Дерев'янка Дениса Григоровича

«Розвиток наукових засад оптимальної взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів в локальних електроенергетичних системах»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук
За спеціальністю 05.14.01– енергетичні системи та комплекси

Актуальність теми дисертаційного дослідження

Зростання частки генерування електричної енергії від джерел розосередженої генерації (РГ) та відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у загальному енергетичному балансі має низку переваг та недоліків. Перевагами зростання низьковуглецевих генеруючих потужностей поблизу споживача є: низький рівень забруднення навколишнього середовища; зниження втрат від передачі електричної енергії в ОЕС України; диверсифікація генерувальних потужностей; джерела РГ можуть працювати майже без обслуговування з мінімальними експлуатаційними витратами; відсутність необхідності транспортування первинного палива до джерела енергії. З іншого боку, значним недоліком більшості типів ВДЕ є нестабільність енергетичного ресурсу, що може призвести до відхилень частоти систем, відхилень напруги, реверсування потоків потужності, вплив на інші технічні параметри електромереж та, як наслідок, до додаткових відключень, що впливають на надійність електроенергетичних систем.

Джерела РГ та активні споживачі з власними генерувальними установками є значним енергетичним ресурсом, підключеним до мережі. Для того, щоб задіяти їх у наданні допоміжних послуг при роботі мережі, їх доцільно об'єднувати та контролювати, щоб мати можливість здійснювати спільне керування ними як групою генераторів для надання послуг, які відповідають вимогам операторів системи передачі (ОСП) та операторів системи розподілу (ОСР). Важливість розосереджених енергетичних ресурсів (РЕР), як окремого виду «ресурсу» мережі з кожним роком зростає все більше.

РЕР більше не можна розглядати як окремі пристрої, підключені до мережі; вони повинні бути інтегровані та керовані як частина систем передачі та розподілу.

Впровадження РЕР впливає на локальні електроенергетичні системи (ЛЕС) і перетворює їх на активні елементи. А відтак, зі зростанням частки генерованої електроенергії від джерел РГ збільшується їх вплив на параметри режимів ЛЕС. Тому, для локальних електроенергетичних систем з джерелами РГ та системами накопичення енергії актуальним є розвиток наукових засад, а саме: створення методології та практичного інструментарію (методів, моделей, алгоритмів і програм) оптимальної взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів з урахуванням особливостей їх функціонування та потреб енергосистеми.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Виконані у роботі дослідження виконані на кафедрі електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського відповідають напрямку «Енергетика та енергоефективність» Закону України № 2623-III від 13.01.2024 р. «Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки», комплексній програмі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» (КПІ ім. Ігоря Сікорського) «Енергетика сталого розвитку». Дисертаційне дослідження виконувалося згідно з планом наукових робіт кафедри електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського у рамках науково-дослідних робіт: № 0117U004285 «Розроблення науково-методологічних основ агрегування та керування віртуальними електростанціями і активними споживачами в умовах енергоринку» від 24.02.2017, №0117U003825 «Дослідження оптимального функціонування інтегрованих систем енергозабезпечення споживачів із застосуванням комплексного акумуляування електричної та теплової енергій» від 06.10.2017, № 5 «Дослідження та порівняння базових рівнів споживання енергоресурсів протягом двох опалювальних сезонів двоповерхової будівлі готельного комплексу «ЛІГЕНА», розташованого за адресою: м. Бориспіль, вул. В. Момота, 53» від 30.06.2020, №8E201.01.01.05.001-PO-KPI-01 «Розробка та

обґрунтування плану розвитку та шляхів підвищення ефективності громадського електротранспорту м. Чернігів» від 22.08.2017, №Д/0201.01/2400.01/10 «Порівняльний аналіз сучасних адміністративно-нормативних перетворень на лібералізованих ринках електричної енергії та газу України; аналіз сучасних технологічних трендів та прогностичних моделей в умовах функціонування лібералізованих ринках електричної енергії та газу України» від 12.02.2021, №Д/0201.01/2400.01/19 «Обґрунтування доцільності заміни кабельних ліній 10 кВ у м. Чернігові» від 25.05.2021, № НОН/221/2022 «Boosting the Blue Economy in the Black Sea Region by Initiating a Business Collaboration Framework in the field of Fisheries and Aquaculture, Coastal and Maritime Tourism and Maritime Transport» від 13.07.2022, №РН/34-2023 «Smart-моніторинг ефективності функціонування локальних систем енергозабезпечення з альтернативними джерелами енергії» від 29.05.2023.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків та рекомендацій, сформульованих у дисертації та їх достовірність

Обґрунтованість та достовірність наукових положень дисертаційної роботи Дерев'янка Д.Г. забезпечується багатостороннім аналізом літературних джерел, від теоретичних, які охоплюють сучасні методи аналізу енергетичних процесів у локальних електроенергетичних системах та створення математичних моделей агрегування розосереджених енергетичних ресурсів, до науково-практичних, в яких представлено вирішення ряду супутніх задач по дослідженню структури і режимів роботи локальних електроенергетичних систем з розосередженими енергетичними ресурсами, розробці моделей оптимальної взаємодії локальних енергетичних систем із розосередженими енергетичними ресурсами із централізованими електроенергетичними системами та взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів з агрегатором локальних енергетичних систем. Обґрунтованість результатів роботи підтверджується також систематизованим підходом до досягнення мети дослідження та використанням адекватних методів для вирішення поставлених завдань. При вирішенні поставлених в дисертаційній роботі завдань використано методи системного аналізу, математичного

моделювання, моделювання інформаційних процесів, методи дискретної та лінійної оптимізації, імітаційне моделювання, методи комп'ютерного моделювання та кореляційний аналіз, запропонований метод оцінювання ефективності функціонування активного споживача в ЛЕС з джерелами РГ та СНЕ, метод коригування ціни при динамічній тарифікації, що дозволяє визначити максимальний ефективний рівень впливу на зміну ціни на електроенергію, метод взаємної інтеграції моделей локальних систем з джерелами РГ та моделей централізованих електроенергетичних систем у рамках теорії ігор, який ґрунтується на використанні механізмів динамічної тарифікації у межах програм керування попитом.

Одержані в роботі результати узгоджуються з відомими висновками інших дослідників та обговорені на авторитетних наукових конференціях.

Структура та зміст дисертації

Структура дисертації цілком узгоджується з її назвою, метою і завданнями дослідження. Дисертаційна робота складається з анотації двома мовами, вступу, 7 розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Обсяг дисертації становить 411 сторінок, у тому числі 331 сторінки основного тексту, 102 рисунків, 30 таблиць, 188 найменування використаних джерел, 6 додатків, що відповідає чинним вимогам до докторських дисертацій.

У *вступі* (стор.30-40) обґрунтовано актуальність теми роботи, сформульовано мету і завдання наукового дослідження, наведено зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, вказано об'єкт та предмет дослідження, перелічено методи досліджень. Викладено наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, зазначено особистий внесок здобувача, відомості про апробацію результатів роботи, публікації за темою досліджень, структуру та обсяг дисертації.

У *першому розділі* (стор.41-124) наведено постановку проблеми дослідження, проведено аналіз структури та особливостей функціонування ЛЕС із РЕР. Проаналізована законодавча база щодо впровадження джерел РГ, систематизовано основні вимоги до учасників локальних ринків електричної енергії. Проведений аналіз критеріїв оцінювання енергетичної

ефективності та енергетичної результативності функціонування ЛЕС із РЕР дав змогу визначити складові для проведення економічного аналізу означених систем. Сформовано ієрархічну модель функціонування ЛЕС із різнотипними РЕР.

У другому розділі (стор.125-157) набули подальшого розвитку моделі оптимальної взаємодії активного споживача та ЛЕС через розвиток підходів до визначення технічних й економічних показників функціонування активних споживачів в умовах керування попитом на енергетичні ресурси.

На основі аналізу структури і режимів активних споживачів сформульовано задачу оптимізації режимів їх функціонування. Запропонована модель оцінювання ефективності функціонування активного споживача поєднує економічні й енергетичні показники. З урахуванням аналізу отриманої множини значень запропонованого показника ефективності функціонування активного споживача зроблено висновок, що максимального його значення можна досягти через збільшення коефіцієнта автономності роботи активного споживача. Розширено множину показників ефективності функціонування активного споживача на основі показника, котрий враховує реакцію останнього на програми керування попитом. Запропонований спосіб візуалізації показників функціонування активного споживача та розширена множина показників дають змогу враховувати структуру та усталені режими роботи активних споживачів на основі їх відхилення від цільових значень заданих функцій.

У третьому розділі (стор.158-214) проаналізовано практичні аспекти оптимальної роботи ЛЕС в умовах агрегування різнотипних РЕР. Сформовано оптимізаційну задачу на рівні взаємодії різнотипних РЕР між собою у межах означених систем. Проведено зіставний аналіз методів визначення величини питомих витрат на генерацію електроенергії в системах із джерелами РГ і накопичувачами. Удосконалена методологія визначення показника *LCOE* дає змогу врахувати усі типи джерел енергії у ЛЕС та дати відповідні цінові сигнали потенційним інвесторам, котрі збираються інвестувати у розвиток РЕР.

Сформовано безрозмірну функцію, яка дозволяє отримати оцінки рівня нерівномірності споживання електроенергії навантаженнями залежно як від тривалості інтервалів, на кожному з яких є постійний відбір потужності, так і інтенсивності розряду накопичувачів на цих інтервалах.

Запропонований показник ефективності запровадження програм керування попитом на електричну енергію дає змогу визначити фактичні можливості споживачів щодо зміни своїх графіків навантаження, що вкрай важливо для системного оператора.

Проведено аналіз та сформовано основні функції, які повинна виконувати система моніторингу в ЛЕС із РЕР.

У *четвертому розділі* (стор.215-230) сформульовано основні вимоги та процедури інтеграції РЕР у ЛЕС на основі ринкових моделей взаємодії.

Проведено аналіз функціональних зв'язків елементів ЛЕС на різних рівнях взаємодії у межах моделі «Smart Gridarchitecture model» запропонована NIST. Визначено, що для різних типів РЕР взаємодія на різних рівнях буде різнитися, що дало змогу уточнити завдання агрегування РЕР у ЛЕС.

Сформовано ринкову модель агрегування РЕР у ЛЕС, що ґрунтується на апараті теорії ігор та правилах роботи енергетичного ринку України і враховує усі можливі режими функціонування РЕР у ЛЕС.

Запропонована теоретико-ігрова модель агрегування РЕР у ЛЕС дає змогу сформулювати два стратегічних напрями керування РЕР у ЛЕС під час їх агрегування. Перший напрям дає змогу агрегатору неявно стимулювати РЕР до максимізації генерування електричної енергії від джерел РГ та СНЕ, а другий створює більш жорсткі умови, котрі стимулюватимуть РЕР максимально дотримуватися умов контракту.

У *п'ятому розділі* (стор.231-249) набули розвитку теоретико-ігрові моделі оптимальної взаємодії ЛЕС з ОЕС України на рівні операторів систем розподілу.

Формалізовано постановку задачі оптимізації для моделей локальних систем із РЕР та моделей централізованих електроенергетичних систем у межах теорії ігор.

Запропоновано процедуру оптимізації моделі синтезованої системи у межах формалізованої гри на основі використання механізмів динамічної тарифікації у межах програм керування попитом, котра дає змогу знайти раціональне рішення поставленої ігрової задачі знаходженням рівноважних за Нешем стратегій гравців.

Запропоновано архітектуру системи Smart-моніторингу ЛЕС із РЕР, котра враховує усі типи джерел РГ і СНЕ та особливості їх функціонування. Така система працює в певних часових інтервалах, забезпечуючи обмін інформаційними потоками, які дозволяють, у свою чергу, керувати енергопотоками, забезпечуючи оптимальне функціонування системи моніторингу на всіх трьох рінях, а відтак і оптимальну роботу ЛЕС.

У шостому розділі (стор.250-278) запропоновано модель оптимальної взаємодії РЕР. Визначено оптимальні стратегії агрегування різнотипних РЕР у ЛЕС на основі визначення рівноваги за Нешем для кожного типу РЕР під час взаємодії з агрегатором.

Для забезпечення можливості дотримання визначених оптимальних стратегій агрегування різнотипних РЕР сформовано вимоги до процедур моніторингу та керування у ЛЕС.

У сьомому розділі (стор.279-302) розроблено науково-методичне забезпечення підвищення ефективності взаємодії РЕР у ЛЕС.

Розроблена методика підвищення енергетичної ефективності ЛЕС з активними споживачами дає змогу формувати коригувальні дії щодо режимів їх роботи та визначати потенціал до підвищення ефективності їх функціонування, а відтак і до функціонування ЛЕС. Також ця методика дає змогу оцінити потенціал автономної роботи активних споживачів, що вкрай позитивно вплине на режими роботи ЛЕС в умовах російської агресії.

Розроблене нормативно-методичне забезпечення агрегування різнотипних РЕР у ЛЕС дає змогу впроваджувати локальні енергетичні ринки для підвищення автономності роботи ЛЕС із РЕР, що особливо важливо за функціонування ОЕС України в умовах російської агресії.

Удосконалені теоретико-ігрові моделі взаємодії РЕР із

централізованими електроенергетичними системами дають змогу підвищити ефективність їхньої взаємодії завдяки можливості відображення різносторонньої взаємодії (на технічному та економічному/ринковому рівнях), що позитивно вплине на режими роботи зазначених систем.

Висновки, зроблені за проведеними Дерев'янком Д.Г. дослідженнями, охоплюють весь обсяг отриманих результатів і є достовірними.

В цілому за змістом дисертація є завершеною роботою, яка забезпечує суттєвий внесок в теорію та практику функціонування локальних електроенергетичних систем з розосередженими енергетичними ресурсами. Тема та зміст дисертації відповідають паспорту спеціальності 05.14.01 – енергетичні системи та комплекси. Оформлення дисертаційної роботи в цілому відповідає чинним вимогам.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження не викликає сумнівів і полягає в наступному:

Вперше:

- розроблено метод оцінювання ефективності функціонування активного споживача в ЛЕС з джерелами РГ та СНЕ, на основі поєднання технічних та економічних показників його функціонування, котрий дає змогу оцінювати ефективність його роботи та визначати напрям її підвищення;

- розроблено метод коригування ціни при динамічній тарифікації, котрий би враховував наявну пропозицію по генеруванню в кожний окремих момент часу у рамках локальних електроенергетичних систем з джерелами РГ та СНЕ, на основі наявної пропозиції та при групуванні окремих часових зон за їх еластичністю, що дозволяє визначити максимальний ефективний рівень впливу на зміну ціни на електроенергію при динамічній тарифікації.

- запропоновано метод взаємної інтеграції моделей локальних систем з джерелами РГ та моделей централізованих електроенергетичних систем у рамках теорії ігор, який ґрунтується на використанні механізмів динамічної тарифікації у межах програм керування попитом, на основі аналізу особливостей функціонування різнотипних джерел РГ та СНЕ у рамках ЛЕС, а також інтересів власників РГ/СНЕ, агрегаторів ЛЕС та операторів систем

розподілу, який дає змогу знайти раціональне рішення серед інших рішень поставленої ігрової задачі знаходженням рівноважних за Нешем стратегій, які відображають інтереси усіх гравців.

– запропоновано модель агрегування розосереджених енергетичних ресурсів з урахуванням їх типів та функціональних відмінностей на основі теоретико-ігрових моделей взаємодії, котрий спонукає елементи локальних електроенергетичних систем до оптимальної взаємодії при їх агрегуванні та керуванні їх усталеними режимами.

Вдосконалено:

– методологію визначення показника питомої собівартості генерування електричної енергії *LCOE* для локальних електроенергетичних систем, на основі аналізу складових ЛЕС з джерелами РГ та СНЕ та методик оцінювання приведенного показника вартості електричної енергії, генерованої різними типами генерувальних установок та накопичувачами електричної енергії, що дає змогу врахувати усі типи джерел РГ та СНЕ та дати відповідні цінові сигнали потенційним інвесторам, націлені інвестувати у розвиток РГ з огляду на структуру кожної окремо взятої локальної електроенергетичної системи;

– методологію визначення ефективності функціонування систем накопичення електроенергії на основі використання показника реактивної потужності за Фризе, що ґрунтується на оцінюванні нерівномірності відбору електроенергії в системах з накопичувачами електроенергії, яка дозволяє отримати оцінки рівня нерівномірності споживання електроенергії навантаженнями залежно як від тривалості інтервалів, на яких відбувається постійний відбір потужності, так і від інтенсивності розряду накопичувачів на цих інтервалах.

Набули подальшого розвитку:

– науково-прикладні основи оцінювання ефективності функціонування локальних електроенергетичних систем з джерелами РГ та СНЕ, на основі комплексного аналізу групи технічних показників, набору економічних характеристик та моделей динамічної тарифікації, що дають змогу більш комплексно оцінювати ефективність функціонування локальних

електроенергетичних систем та ефективність взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів в означених системах;

– теоретико-ігрові моделі взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів на основі дослідження проблем синтезу локальних електроенергетичних систем з РЕР із централізованими електроенергетичними системами, що дають змогу знайти оптимальний профіль стратегій взаємодії елементів системи у вигляді формалізованої гри завдяки можливості відображення різносторонньої взаємодії (на технічному та економічному/ ринковому рівнях) зазначених систем;

– модель оцінювання ефективності функціонування активного споживача на основі візуалізації його технічних та економічних характеристик, побудови профілів його роботи, що ґрунтується на сформованій у роботі системі критеріїв та показників, які дають змогу оцінювання ефективності функціонування активних споживачів з джерелами РГ та СНЕ у своїй структурі та за застосування моделей динамічної тарифікації.

Практичне значення роботи полягає у вирішенні актуальної науково-прикладної проблеми розвитку наукових основ оптимальної взаємодії РЕР у ЛЕС щодо розвитку теоретичних засад, розробки моделей і методів, які забезпечують агрегацію і взаємодію елементів РГ та накопичувачів у межах таких систем та з операторами систем розподілу ОЕС України. Практичне впровадження результатів досліджень сприяє підвищенню ефективності ЛЕС із РЕР, а саме:

– Розроблено методику підвищення енергетичної ефективності ЛЕС з активними споживачами, яка ґрунтується на розробленому методі оцінювання ефективності функціонування активного споживача в ЛЕС із джерелами РГ та СНЕ, дає змогу на основі оцінювання технічних та економічних параметрів режимів роботи активних споживачів формувати коригувальні дії щодо режимів їх роботи й визначати потенціал до підвищення ефективності його функціонування, а відтак і до функціонування ЛЕС. Також ця методика дає

змогу оцінити потенціал автономної роботи активних споживачів, що вкрай позитивно вплине на режими роботи ЛЕС в умовах російської агресії.

– Запропонована модель коригування ціни при динамічній тарифікації дає змогу визначити величину зміни ціни на електричну енергію при динамічній тарифікації для споживачів в реальних умовах враховуючи наявну пропозицію по генеруванню у режимі реального часу.

– Розроблено нормативно-методичне забезпечення агрегування різнотипних РЕР в ЛЕС, котре включає в себе теоретико-ігрову модель локального енергетичного ринку та механізм агрегування розосереджених енергетичних ресурсів з урахуванням їх типів та функціональних відмінностей, дає змогу впроваджувати локальні енергетичні ринки для підвищення автономності роботи ЛЕС із РЕР, що особливо важливо за функціонування ОЕС України в умовах російської агресії.

– Вдосконалена методологія визначення показника питомої собівартості генерування електричної енергії LCOE для локальних електроенергетичних систем дає змогу врахувати усі типи джерел РГ та СНЕ та дати відповідні цінові сигнали потенційним інвесторам, котрі збираються інвестувати у розвиток РГ з огляду на структуру кожної окремо взятої локальної електроенергетичної системи;

– Вдосконалені теоретико-ігрові моделі взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів із централізованими електроенергетичними системами дають змогу підвищити ефективність їхньої взаємодії завдяки можливості відображення різносторонньої взаємодії (на технічному та економічному ринковому рівнях), що позитивно вплине на режими роботи зазначених систем;

– З урахуванням отриманих результатів, запропоноване нормативно-методичне забезпечення може бути впроваджено у рамках реалізації Стратегії розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року і затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2024 - 2026 роках та плану заходів щодо реалізації Концепції впровадження “розумних мереж” в Україні до 2035 року при побудові Microgrid систем для підвищення надійності ЕМ та якості

електропостачання, за умови, що всі джерела РГ та власники СНЕ зможуть продавати згенеровану електричної енергії лише через оператора/агрегатора Microgrid.

Результати, отримані в дисертаційній роботі, впроваджені державними та приватними підприємствами енергетичної галузі: нормативно-методичне забезпечення агрегування різнотипних розосереджених енергетичних ресурсів та методика оцінювання ефективності функціонування АС на основі його реагування на програми керування попитом (НКРЕКП); модель цінового арбітражу для систем із ВДЕ та накопичувачами електричної енергії та методологія визначення ефективності функціонування СНЕ у ЛЕС (ТОВ «Приморська енергетична компанія»); методика підвищення енергетичної ефективності локальних електроенергетичних систем з активними споживачами, нормативно-методичне забезпечення агрегування різнотипних розосереджених енергетичних ресурсів та спосіб коригування ціни при динамічній тарифікації (МПП «АНІГЕР»); Методи оцінювання ефективності функціонування активних споживачів на основі їх реагування на програми керування попитом на електричну енергію та коригування ціни при динамічній тарифікації, модель агрегування РЕР та метод взаємної інтеграції моделей локальних систем з джерелами РГ та моделей централізованих електроенергетичних систем на основі використання механізмів динамічної тарифікації, а також вимоги до процедур моніторингу споживання електричної енергії АС, які виробляють електричну енергію з відновлюваних джерел та використовують накопичувачі електричної енергії (ДТЕК Київські регіональні електромережі).

Матеріали дисертації впроваджено у дослідження при виконанні науково-дослідних робіт, у розробки використано у 8 науково-дослідних роботах, а також у навчальний процес кафедри електропостачання КПШ ім. Ігоря Сікорського.

Отже, поставлене в дисертаційній роботі наукове завдання виконано повністю. Всі отримані автором результати є новими, достовірними та належно обґрунтованими впровадженнями та опублікованими науковими

працями.

Повнота викладення результатів роботи у наукових працях

Результати дисертації опубліковано у 29 наукових працях, у тому числі 2 монографії (розділи у колективних монографіях); 17 статей у провідних наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України, з них: 16 статей у наукових періодичних виданнях, включених до Переліку наукових фахових видань України (в т.ч. 4 включених до категорії “А”, усі відносяться до Q3 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports), 1 стаття у наукових періодичних виданнях інших держав з напрямом, з якого підготовлено дисертацію (включена до міжнародних наукометричних баз SCOPUS, Q2 відповідно до класифікації SCImago Journal and Country Rank або Journal Citation Reports); 10 тез та доповідей на наукових конференціях.

Мова та стиль дисертації

Дисертація написана державною мовою, загалом грамотно і зрозуміло. Виклад матеріалу в роботі має логічну послідовність, наукова термінологія є загально визнаною, розділи взаємопов’язані та цілком розкривають поставлену мету, стиль викладення результатів досліджень, нових наукових положень та висновків забезпечує доступність їх сприйняття. Результати проілюстровані достатньо якісними рисунками та графіками.

Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційної роботи:

1. Метою дисертаційних досліджень визначено розвиток наукових і науково-прикладних основ щодо оптимальної взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів у локальних електроенергетичних системах з використанням удосконаленої методології, розробленням моделей та методів, які забезпечують агрегацію і взаємодію елементів розосередженої генерації і накопичувачів у межах таких систем та з операторами систем розподілу ОЕС України, однак не переконливо акцентується увага на необхідності агрегування розосереджених енергетичних ресурсів.

2. Дисертантом не обґрунтовано використовуються наведені у другому розділі моделі просторової візуалізації характеристик активного

споживача. Також із тексту дисертаційної роботи не зрозуміло, чому на представлених ритмограмах показано саме помісячні значення запропонованих показників, а не погодинні чи хвилинні.

3. Дисертант наводить удосконалену методологію визначення показника питомої собівартості згенерованої електричної енергії LCOE для локальних електроенергетичних систем з накопичувачами електричної енергії, при цьому у третьому розділі та додатках представлений розрахунок для системи без накопичувачів. Було б доцільно задля більшої впевненості у перевазі запропонованої методології навести розрахунки для систем з накопичувачами.

4. Дисертант не обґрунтовано пропонує використовувати для оцінки нерівномірного відбору електроенергії в системах накопичування електроенергії показники, які засновані на визначенні реактивної потужності за Фризе. Адже існують і інші, що не менш якісно характеризують процеси у накопичувачах електричної енергії.

5. У розробленому дисертантом методі коригування ціни при динамічній тарифікації, який дає змогу врахувати наявну пропозицію щодо генерування електроенергії в будь який момент часу у рамках локальних електроенергетичних систем з джерелами РГ та СНЕ застосовано лінійну регресійну модель. Використання нелінійних функцій у даному випадку дало б змогу підвищити точність розрахунків показника коригування ціни.

6. У роботі присутні схеми та рисунки, пояснення на яких даються англійською мовою. Для кращого сприйняття роботи було б доцільно цей матеріал подавати державною мовою.

7. У тексті дисертації наявні граматичні помилки, пропущені коми, є зайві пробіли тощо.

Висловлені зауваження носять дискусійних характер та направлені на вдосконалення подальшої роботи здобувача і не зменшують значимість отриманих результатів та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок щодо відповідності дисертації встановленим

ВИМОГАМ

Вважаю, що дисертаційна робота Дерев'янка Дениса Григоровича на тему «Розвиток наукових засад оптимальної взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів в локальних електроенергетичних системах» є завершеною науковою працею, що виконана на високому науковому і методичному рівнях, в якій представлено нові наукові результати спрямовані на вирішення важливої науково-технічної проблеми щодо удосконалення наукових основ оптимальної взаємодії розосереджених енергетичних ресурсів у ЛЕС шляхом розвитку теоретичних засад, розробки моделей і методів, які забезпечують оптимальну взаємодію елементів РГ та накопичувачів у межах таких систем та з операторами систем розподілу ОЕС України. Реферат повністю відображає основні положення дисертації. За актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною, змістом та оформленням дисертаційна робота повністю відповідає вимогам пп. 7, 8, 9 «Порядку присудження та позбавлення наукового ступеня доктора наук», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 17 листопада 2021 р. № 1197, а її автор Дерев'янка Денис Григорович заслуговує на присудження наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.14.01– енергетичні системи та комплекси.

Офіційний опонент:

професор кафедри електропостачання

промислових підприємств

Національного університету

«Запорізька політехніка»

доктор технічних наук, професор

Юрій КАЧАН



Підпис

Юрій Качан

Засвідчую:

Начальник відділу кадрів

Лілія Мірошніченко