

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Лисого Владислава Михайловича

«Підвищення енергоефективності використання відновлюваних джерел енергії в балансі електроенергії енергетичних систем», що подана на здобуття наукового ступеня доктора філософії з галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Актуальність теми дисертації.

Сучасний розвиток електроенергетики України супроводжується активним впровадженням відновлюваних джерел енергії, що істотно змінює режими роботи електричних мереж та ускладнює процеси забезпечення їх надійного й ефективного функціонування. За таких умов особливої актуальності набувають питання визначення впливу розосередженої генерації на баланс електроенергії, потокорозподіл і втрати в електричних мережах, оскільки саме ці чинники значною мірою визначають ефективність функціонування сучасних енергетичних систем.

Представлена дисертаційна робота присвячена **вирішенню актуальної наукової задачі**, пов'язаної з підвищенням енергоефективності використання відновлюваних джерел енергії в балансі електроенергії енергетичних систем. Запропоновані автором методи, математичні моделі та алгоритми спрямовані на вдосконалення підходів щодо функціонування ВДЕ у складі агрегованих балансуючих груп, шляхом розроблення методів і алгоритмів визначення втрат електроенергії в електричних мережах, обумовлених інтеграцією ВДЕ, та оцінювання їхнього впливу на режими роботи електричних мереж, забезпечення прогнозованості генерування в балансі енергосистеми, а також формування оптимального складу балансуючої групи з урахуванням адресності споживання та генерування.

Отримані результати є своєчасними, мають практичну спрямованість і відповідають сучасним потребам розвитку електроенергетичної галузі України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами.

Дисертаційне дослідження виконувалося відповідно до напрямів наукової діяльності Інституту відновлюваної енергетики НАН України. Важливою складовою його виконання стала участь здобувача у міжнародному проєкті **REBUILD** («Відновлювана енергетика для зміцнення інфраструктури України через навчання та проєктування», УНТЦ № 7135), що реалізується за фінансової підтримки Національної академії наук США. Тематика та завдання проєкту безпосередньо пов'язані з актуальними питаннями розвитку й ефективного використання відновлюваних джерел енергії, що визначає практичну спрямованість проведених у дисертації досліджень.

Вагомим підтвердженням прикладної цінності одержаних результатів є їх використання у діяльності ТОВ «НЕСС ПВ». Результати дисертаційного

дослідження застосовано під час аналізу режимів роботи електричних мереж, а також при обґрунтуванні технічних рішень щодо проектування та модернізації об'єктів відновлюваної енергетики. Крім того, окремі положення та результати дисертації знайшли застосування в освітньому процесі Вінницького національного технічного університету під час підготовки фахівців електроенергетичного профілю.

Новизна представлених теоретичних та/або експериментальних результатів проведених здобувачем досліджень.

Наукова новизна дисертаційної роботи сформульована чітко, достатньо аргументовано та відповідає поставленій меті дослідження. Отримані результати характеризуються логічною завершеністю й є взаємопов'язаними, що свідчить про цілісний підхід автора до вирішення актуальної наукової задачі.

До найбільш вагомих результатів дисертаційного дослідження, на мою думку, належать:

1. **Вперше** розроблено метод визначення складової втрат потужності та електроенергії, обумовлених функціонуванням відновлюваних джерел енергії, який ґрунтується на використанні матриці коефіцієнтів розподілу втрат потужності та матриці розподілу потоків потужності. Це дозволяє кількісно оцінювати вплив окремих джерел генерації на режим роботи електричної мережі та підвищує достовірність аналізу її енергетичних показників.
2. **Удосконалено** метод трасування потоків електроенергії, який забезпечує визначення внеску кожного джерела ВДЕ у формування мережових перетоків, втрат електроенергії та використання пропускної здатності електричних мереж.
3. **Дістали подальшого розвитку** методичні підходи до керування режимами локальних електроенергетичних систем із використанням концепції microgrid, що забезпечує більш ефективне використання відновлюваних джерел енергії та систем накопичення.

Отримані результати мають належний рівень наукової новизни та є вагомим внеском у розвиток теорії режимів електроенергетичних систем.

Наукова обґрунтованість представлених результатів здобувача.

Наукові положення, висновки та рекомендації, наведені в дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими й логічно взаємопов'язаними. Достовірність отриманих результатів забезпечується коректним застосуванням сучасного математичного апарату, використанням методів матричної алгебри, що повністю відповідають поставленим у роботі завданням.

Обґрунтованість наукових положень підтверджується результатами математичного моделювання, експериментальних досліджень, а також їх апробацією на міжнародних наукових конференціях, наукових семінарах та впровадженням окремих результатів у науково-дослідну діяльність.

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням. Її структура є логічною, а зміст повністю відповідає сформульованій меті, поставленим завданням та темі дослідження.

Аналіз дисертаційної роботи свідчить про дотримання автором принципів академічної доброчесності. Використані результати інших дослідників супроводжуються відповідними посиланнями, а цитування літературних джерел виконано коректно та відповідно до чинного законодавства України.

Наукове значення та практична цінність.

Наукове значення дисертаційної роботи полягає у подальшому розвитку методичного забезпечення аналізу режимів функціонування електроенергетичних систем із високою часткою відновлюваних джерел енергії. Запропоновані автором методи та математичні моделі розширюють існуючі підходи до оцінювання впливу ВДЕ на втрати потужності й електроенергії, дозволяють більш обґрунтовано визначати структуру потоків потужності та аналізувати ефективність інтеграції розподіленої генерації в електричні мережі.

Практична цінність роботи полягає у можливості використання розроблених методів для формування агрегованих балансуючих груп, прогнозування режимів роботи ВДЕ та підвищення ефективності їх функціонування на ринку електричної енергії. Запропоновані алгоритми можуть бути інтегровані до програмних комплексів підтримки прийняття рішень операторів систем розподілу, агрегаторів і диспетчерських служб.

Отримані результати мають перспективи практичного використання під час розвитку сучасних електроенергетичних систем та впровадження механізмів інтелектуального керування режимами роботи електричних мереж.

Оцінка публікацій здобувача.

Основні результати дисертаційної роботи пройшли достатню апробацію в науковому середовищі. Їх неодноразово доповідали та обговорювали на міжнародних і всеукраїнських науково-технічних конференціях, присвячених проблемам відновлюваної енергетики, електроенергетичних систем та керування режимами електричних мереж. Такий рівень апробації підтверджує актуальність дослідження та зацікавленість наукової спільноти його результатами.

Публікаційна активність здобувача повною мірою відповідає рівню дисертаційного дослідження. За темою дисертації опубліковано 6 статей у фахових наукових виданнях, з яких 4 індексуються міжнародною наукометричною базою Scopus, монографію, що також проіндексована у Scopus, 6 публікацій у матеріалах міжнародних конференцій, а також отримано свідоцтво про державну реєстрацію авторського права на комп'ютерну програму.

Вважаю, що опубліковані праці повною мірою відображають зміст дисертаційної роботи та основні наукові результати, а рівень їх оприлюднення відповідає вимогам до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії.

Структура та зміст дисертації.

Дисертаційна робота має чітку, логічно вибудовану структуру та повністю відповідає поставленій меті і завданням дослідження. Побудова роботи характеризується послідовністю викладення матеріалу, внутрішньою узгодженістю окремих розділів та завершеністю наукового дослідження. Автором обрано вдалу логіку викладення матеріалу — від аналізу сучасного стану проблеми та обґрунтування необхідності проведення дослідження до розроблення нових методів, математичних моделей, алгоритмів та їх практичної перевірки.

У вступі достатньо повно обґрунтовано актуальність теми дисертаційного дослідження, визначено зв'язок роботи з науковими програмами Інституту відновлюваної енергетики НАН України, сформульовано мету та основні завдання дослідження, визначено об'єкт, предмет та методи дослідження. Автором чітко сформульовано наукову новизну, практичне значення одержаних результатів, наведено інформацію щодо апробації результатів, публікацій та особистого внеску здобувача, що повністю відповідає вимогам до дисертаційних робіт.

У першому розділі виконано ґрунтовний аналіз сучасного стану розвитку відновлюваної енергетики, особливостей інтеграції відновлюваних джерел енергії до електроенергетичних систем України та світу, сучасних підходів до балансування режимів електричних мереж і функціонування агрегованих балансуєчих груп. Значну увагу приділено аналізу нормативно-правової бази функціонування ВДЕ, питанням розвитку локальних електроенергетичних систем, концепції **Smart Grid**, механізмам гарантії походження електроенергії та сучасним підходам до забезпечення енергоефективності енергетичних систем. Проведений аналіз є достатньо повним, критичним та дозволив автору аргументовано сформулювати основні напрями подальших досліджень.

У другому розділі досліджено фактори, що визначають ефективність використання відновлюваних джерел енергії в електроенергетичних системах. Автором виконано аналіз впливу процесів децентралізації, та цифровізації на функціонування локальних електроенергетичних систем, розглянуто питання забезпечення балансової надійності, прогнозування режимів роботи ВДЕ, використання систем накопичення енергії та активних споживачів. Окремої позитивної оцінки заслуговує застосування сучасних методів математичного прогнозування для оцінювання готовності локальних електроенергетичних систем до функціонування в умовах активного впровадження відновлюваних джерел енергії.

Найбільш вагомі наукові результати, на мою думку, отримано у третьому розділі дисертації. Саме тут автором розроблено метод визначення складової

втрат потужності та електроенергії, зумовлених функціонуванням відновлюваних джерел енергії, удосконалено метод трасування потоків електроенергії. Особливо слід відзначити використання матриць розподілу потоків потужності та коефіцієнтів розподілу втрат, що дозволило отримати нові наукові результати щодо оцінювання впливу окремих джерел генерації на режими роботи електричних мереж та структуру втрат електроенергії.

Четвертий розділ присвячений практичному застосуванню розроблених методів, алгоритмів і математичних моделей. Автором виконано моделювання режимів роботи локальної електроенергетичної системи підприємства із використанням сучасних програмних комплексів, досліджено ефективність формування агрегованих балансуючих груп та оцінено вплив відновлюваних джерел енергії на втрати електроенергії, режими роботи мережі та прогнозованість генерування. Проведені дослідження переконливо підтверджують працездатність запропонованих методів та можливість їх практичного використання під час експлуатації сучасних електроенергетичних систем.

Загальні висновки логічно завершують дисертаційну роботу та повністю відповідають поставленій меті й завданням дослідження. У них узагальнено основні результати виконаної роботи, сформульовано наукові положення, що виносяться на захист, та наведено практичні рекомендації щодо використання розроблених методів. Висновки є достатньо аргументованими, повністю узгоджуються зі змістом окремих розділів дисертації та підтверджують вирішення поставленої наукової задачі.

Список використаних джерел свідчить про високий рівень опрацювання сучасного стану досліджуваної проблеми. До нього включено фундаментальні наукові праці, сучасні статті провідних українських і зарубіжних учених, міжнародні стандарти, нормативно-правові документи, матеріали міжнародних організацій та сучасні публікації, що індексуються міжнародними наукометричними базами даних. Це підтверджує належний рівень наукової підготовки здобувача та використання актуальної наукової інформації під час виконання дослідження.

Додатки органічно доповнюють основний текст дисертації та містять результати комп'ютерного моделювання, допоміжні розрахунки, матеріали практичного впровадження, документи щодо апробації та інші інформаційні матеріали, які забезпечують повноту викладення результатів дослідження та підтверджують їх достовірність. Їх зміст безпосередньо пов'язаний із матеріалами основної частини дисертації та суттєво підвищує її практичну цінність.

У цілому дисертаційна робота характеризується цілісністю, логічністю побудови, належним рівнем наукового викладу та повністю відповідає вимогам, що ставляться до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Вона справляє позитивне враження як завершене наукове дослідження, у якому

послідовно вирішено поставлену наукову задачу та отримано результати, що мають наукове й практичне значення.

Відповідність дисертаційної роботи вимогам МОН України.

Представлена дисертаційна робота виконана відповідно до встановлених вимог Міністерства освіти і науки України, що висуваються до дисертацій на здобуття ступеня доктора філософії. Робота характеризується чіткою структурою, логічною послідовністю викладення матеріалу та належним рівнем наукової аргументації.

Зміст дисертації повністю відповідає її назві, поставленій меті та сформульованим завданням дослідження. Кожний розділ має завершений характер, містить науково обґрунтовані результати та логічно пов'язаний із наступними розділами, що забезпечує цілісність проведеного дослідження.

Дисертація оформлена відповідно до чинних нормативних вимог МОН України, написана грамотною науковою мовою, а її структура, зміст і рівень виконання повністю відповідають вимогам, що ставляться до дисертаційних досліджень такого рівня.

Зауваження.

1. Розглядаючи негативні ознаки розподільних електричних мереж України, дисертант, у своїй роботі, цілком справедливо вказує на низький рівень автоматизації та незадовільний технічний стан обладнання. Разом з тим, поза увагою залишилося питання адаптації сучасних комплексів релейного захисту та автоматики до умов реверсивних перетоків електроенергії, які виникають при масовій інтеграції відновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі.
2. Відповідно до змісту роботи, у другому розділі досліджується вплив ВДЕ на показники надійності SAIDI та SAIFI. Було б доцільно уточнити, яким чином зміна конфігурації мікромережі під час переходу в острівний (автономний) режим впливає на величини зазначених показників.
3. У роботі використовується термін «енергоефективність ВДЕ», проте, з огляду на різноманітність ВДЕ, постає питання чи даний термін є універсальним для усіх типів ВДЕ, чи застосовується як комплексна характеристика систем з ВДЕ (у т.ч. різноманітними). Також у роботі (стор. 73) згадується термін «енергоефективність електропостачання», проте не вказано як цей термін корелюється з попереднім і чи корелюється взагалі?
4. На стор. 52 дисертації згадується термін «відновлювані енергоресурси», проте з тексту роботи не ясно, чи автор має на увазі відновлювані джерела енергії, чи щось інше.
5. У дисертаційній роботі запропоновано ефективний метод визначення складової втрат потужності та електроенергії, спричинених функціонуванням ВДЕ. Разом із тим доцільним було б навести більш розгорнуте порівняння результатів, отриманих із використанням

запропонованого методу, з результатами інших відомих підходів, що дозволило б ще більш наочно продемонструвати його переваги.

6. Під час дослідження значну увагу приділено агрегованим балансуючим групам та локальним електроенергетичним системам. На мою думку, робота виграла б від більш детального аналізу впливу різних типів систем накопичення енергії на результати балансування та мінімізацію втрат електроенергії.
7. У тексті є деякі термінологічні неточності, як от «розподільчі електричні мережі» замість «розподільні», частина рисунків подана іноземною мовою, що ускладнює сприйняття поданого на них матеріалу, а окремі абзаци містять надлишкову термінологічну насиченість, що може ускладнити їх сприйняття для читачів.

Зазначені зауваження не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи та мають рекомендаційний характер.

Загальний висновок опонента по дисертаційній роботі.

Детальний аналіз дисертаційної роботи, опублікованих наукових праць та результатів проведених досліджень дає підстави стверджувати, що дисертаційна робота **Лисого Владислава Михайловича** «Підвищення енергоефективності використання відновлюваних джерел енергії в балансі електроенергетичних систем» є завершеним самостійним науковим дослідженням, у якому вирішено актуальну наукову задачу, що має важливе значення для розвитку сучасної електроенергетики та інтеграції відновлюваних джерел енергії в електроенергетичні системи.

У роботі отримано нові науково обґрунтовані результати, які розвивають теоретичні засади оцінювання впливу відновлюваних джерел енергії на режими роботи електричних мереж, дозволяють визначати складові втрат потужності та електроенергії, удосконалюють методи трасування потоків електроенергії та створюють методичне підґрунтя для формування агрегованих балансуючих груп і розвитку локальних електроенергетичних систем.

Матеріал дисертації викладено послідовно, логічно та аргументовано. Висновки до кожного розділу повністю узгоджуються із поставленою метою, сформульованими завданнями та отриманими результатами. Наукові положення підтверджені математичним моделюванням, апробацією на міжнародних конференціях та достатньою кількістю публікацій, у тому числі у виданнях, що індексуються міжнародною наукометричною базою **Scopus**.

Враховуючи актуальність теми, наукову новизну, достовірність, практичну цінність отриманих результатів та їх достатню апробацію, вважаю, що дисертаційна робота **Лисого Владислава Михайловича** відповідає вимогам Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року №44, (із змінами, внесеними згідно з Постановою Кабінету Міністрів України № 502 від 19.05.2023 р. і №507 від 03.05.2024 р.), а її

автор заслугоує на присудження ступеня доктора філософії за спеціальністю
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент:

Доктор технічних наук, доцент,
завідувач кафедри автоматизації
енергосистем ФЕА,
Національний технічний
університет України «Київський
політехнічний інститут імені
Ігоря Сікорського»

Денис ДЕРЕВ'ЯНКО

«26» 08 2026 р.

