

РЕЦЕНЗІЯ

на дисертаційну роботу

Степаненка Віталія Анатолійовича

на тему «Управління інтеграцією відновлюваних джерел енергії до
розподільних електричних мереж»,
представлену на здобуття ступеня доктора філософії

у галузі знань 14 Електрична інженерія

за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми дисертації.

Четвертий енергетичний пакет Європейського Союзу був прийнятий як відповідь на нові виклики енергетичного сектору, що з'явилися внаслідок змін клімату, зростання частки розподілених джерел енергії, цифровізації та необхідності у більш прозорому й інтегрованому енергетичному ринку. Головною метою якого було створення правових та економічних умов для успішного здійснення енергетичного переходу до більш сталої, безпечної й орієнтованої на споживача моделі.

Пакет передбачає посилення енергетичної безпеки шляхом зниження залежності від імпортованих викопних енергоносіїв, а також сприяє досягненню кліматичних цілей завдяки активній інтеграції розподілених джерел енергії, зокрема відновлюваних джерел енергії (ВДЕ).

У той же час присутня моральна та фізична зношеність розподільних електричних мереж. Таким чином, навіть до присудження ВДЕ система розподілу електричної енергії має значні проблеми з параметрами якості електроенергії. Інтеграція розподільних джерел генерації енергії зі стохастичними характеристиками доповнює існуючі проблеми новими викликами, що вимагає комплексного підходу до модернізації й управління електричними мережами на основі використання ринкових механізмів.

Відповідно, дисертаційне дослідження Степаненка В.А., яке присвячено забезпеченню ефективного функціонування розподільних електричних мереж при інтеграції ВДЕ за умов запровадження четвертого енергетичного пакету, є важливим та актуальним.

Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає у наступному:

– вперше запропоновано запровадження нового підходу до оцінки інтеграції ВДЕ шляхом введення показника – коефіцієнта ефективності

інтеграції. На відміну від традиційних підходів, цей показник дає можливість здійснювати більш системну оцінку впливу ВДЕ на електричну мережу. Його унікальність полягає у поєднанні аналізу технічних параметрів мережі з оцінкою ризиків, що виникають у процесі експлуатації ВДЕ, що, своєю чергою, створює передумови для побудови ефективної системи моніторингу й управління інтеграційними процесами;

– удосконалено підхід до оцінювання ризиків, що супроводжують функціонування ВДЕ у розподільних електричних мережах. Запропонована методика базується на концепції варіативного аналізу ризиків, що дає змогу гнучко враховувати різні сценарії їх виникнення та розвитку. На відміну від існуючих підходів, нова методика орієнтована не лише на технічну оцінку, а й на практичне застосування результатів у процесі формування економічних стимулів, які б сприяли більш контрольованій та ефективній інтеграції ВДЕ до енергосистем;

– отримала подальший розвиток методологія формування тарифів на послуги з розподілу електричної енергії у напрямі створення ефективного механізму економічного стимулювання власників ВДЕ. Запропоновано підхід до тарифної диференціації, що враховує вплив ВДЕ на функціонування розподільної мережі. Такий підхід дає можливість встановлювати економічно обґрунтовані стимули для дотримання нормативних вимог щодо якості електроенергії та надійності роботи мережі, сприяючи більш збалансованій і безпечній інтеграції ВДЕ.

Достовірність наукових результатів забезпечується насамперед обґрунтованим вибором методів дослідження, які відповідають меті та задачам роботи. Застосування сучасних наукових підходів, перевірених моделей і методик дає можливість отримати об'єктивні й узгоджені з реальними умовами результати. Додаткову впевненість у достовірності забезпечує можливість відтворення результатів на основі початкових даних і використаних алгоритмів.

Матеріали дисертаційної роботи впроваджено у вигляді лекційних і практичних занять дисципліни «Маркетинг енергетичних послуг» у процесі підготовки здобувачів першого рівня вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, а також були використані при виконанні науково-дослідної роботи на тему «Формування інструментарію для управління попитом та енергозабезпеченням з використанням гібридних систем малої потужності» (№ ДР 0122U001827).

Наукові дослідження були виконані здобувачем на кафедрі електропостачання КПІ ім. Ігоря Сікорського у рамках програми Міністерства освіти і науки України за пріоритетними напрямками розвитку науки та техніки під керівництвом доцента кафедри електропостачання, кандидата технічних наук, доцента Замулка Анатолія Ігоровича.

Отже, у дисертаційній роботі поставлене наукове завдання розробки та впровадження системи управління інтеграцією ВДЕ до розподільних електричних мереж шляхом застосування ринкових механізмів виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Степаненка В.А. повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка та напрямам досліджень відповідно до освітньої програми Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Дисертаційна робота є завершеною науковою працею та свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям «Енергетика та енергоефективність».

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Степаненка Віталія Анатолійовича є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати та тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело.

Мова та стиль викладення результатів.

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Матеріал подано науковим стилем мовлення з присутністю логічної послідовності та доступністю викладення. У тексті застосовується загальноприйнята термінологія у сферах «енергетика та енергоефективність» та «електрична інженерія».

Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, висновків, списку літератури та семи додатків. Загальний обсяг дисертації 181 сторінка.

У вступі роботи окреслено стратегічні засади розвитку відновлюваної енергетики в Україні в контексті імплементації четвертого енергетичного пакета. Розглянуто актуальність теми дослідження, яка обумовлена збільшенням інтеграції ВДЕ з їх стохастичними характеристиками. Визначено мету роботи, що полягає в розробці та впровадженні системи управління інтеграцією ВДЕ до розподільних електричних мереж шляхом застосування ринкових механізмів, а також окреслено основні завдання, які необхідно вирішити для досягнення поставленої мети.

У першому розділі досліджено потребу розвитку ВДЕ в Україні для забезпечення енергетичної безпеки, екологічності та відповідності європейським стандартам. Ефективна інтеграція таких джерел розподільної енергетики до ВДЕ дозволить збільшити частку відновлюваної енергетики в загальному енергетичному балансі України, знизити витрати на впровадження та експлуатацію ВДЕ, збільшити надійність та безпеку енергосистеми.

генерації вимагає адаптації нормативно-правового поля, стимулювання інвестицій та застосування циклічного підходу до модернізації мереж і процесів впровадження ВДЕ з метою зниження впливу варіабельності генерації на розподільну мережу.

У межах другого розділу проаналізовано проблематику прийняття рішень щодо інтеграції ВДЕ на основі аналізу режимних процесів і багатофакторного підходу, що зумовлено обмеженням традиційних методів оцінки через складність одночасного врахування численних параметрів. У зв'язку з цим значна частина рішень може бути отримана шляхом використання якісних оцінок, що базуються на знаннях і досвіді експертів. Наприкінці розділу обґрунтовано доцільність використання узагальненого показника ефективності інтеграції ВДЕ як інструменту для управління ризиками.

У третьому розділі обґрунтовано доцільність використання нечіткої логіки для моделювання ефективності інтеграції ВДЕ, що дає змогу враховувати численні вхідні параметри та характерну для енергетичних систем невизначеність. Доведено, що алгоритм Мамдані є більш придатним для цього завдання порівняно з алгоритмом Сугено, оскільки забезпечує обробку якісних і нечітких характеристик. У розділі також акцентовано увагу на важливості використання концепції тарифної диференціації як ефективного інструменту впливу на поведінку власників ВДЕ. Такий підхід дає можливість стимулювати дотримання технічних вимог, зменшення коливань генерації та зниження навантаження на мережеву інфраструктуру, що в цілому сприяє підвищенню надійності роботи розподільної системи.

У четвертому розділі представлено результати моделювання ефективності інтеграції ВДЕ у середовищі *Matlab* із використанням різних функцій належності. Показано, що незалежно від типу функції, отримані значення коефіцієнта ефективності мають незначні відхилення, що підтверджує стабільність та коректність розробленої моделі. Визначено, що коефіцієнт ефективності інтеграції може слугувати оптимізаційним критерієм для впровадження диференційованого тарифного підходу, який дає можливість адаптувати економічні стимули залежно від реального впливу ВДЕ на розподільну мережу. А застосування адаптованого циклу *PDCA* (плануй, роби, перевіряй, впливай) надає можливість реалізувати ефективний процес моніторингу та коригування впливу ВДЕ, що сприяє підвищенню надійності електропостачання та зниженню ризиків для операторів систем розподілу.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 року № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

Оприлюднення результатів дисертаційної роботи.

Наукові результати дисертації висвітлено у шести наукових публікаціях здобувача, серед яких: чотири статті у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України; одна стаття у періодичному науковому виданні, проіндексованому у базі даних *Scopus*, як матеріали конференції; одна стаття у міжнародному виданні, що додатково відображає результати дисертації.

Також результати дисертації були апробовані на семи наукових фахових конференціях.

Науковий рівень публікацій є високим, наявні публікації у наукових фахових вітчизняних і міжнародних виданнях свідчать про високу якість та наукову значущість проведених досліджень. Особистий внесок здобувача є значним і спостерігається у кожній висвітленій публікації.

Здобувач дотримувався принципів академічної доброчесності, що підтверджується відсутністю плагіату в публікаціях. Всі використані в роботі ідеї, тексти та результати інших авторів мають належні посилання на відповідні джерела, що свідчить про самостійне проведення наукових досліджень і дотримання етичних норм у науковій діяльності.

Таким чином, наукові результати описані в дисертаційній роботі повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.

1. Етап виключення факторів ризику з обчислень узагальненого показника за допомогою технічних засобів та обмежень на етапі формування технічних умов є недостатньо аргументованим і деталізованим.

2. В адаптованому деталізованому циклі *PDCA* (плануй, роби, перевіряй, впливай) для управління залученням ВДЕ не відображено застосування паспорту ризику, який запропоновано у третьому розділі дисертаційної роботи. Доцільно було б показати цей інструмент у відповідних етапах циклу *PDCA*, оскільки він є важливою складовою системи управління ризиками.

3. У якості редакційних зауважень слід зазначити такі:

- на рис. 2.6 коми в підписах осей перенесені на новий рядок, необхідно розмістити їх у тому ж рядку, що й попереднє слово;
- на рис. 2.9 всі назви посад мають починатися з малої літери;
- на рис. 2.10 та в таблицях 2.4 та 2.5 необхідно уникнути неправильного переносу слів: слід або повністю запобігти перенесенню, або використати відповідний розділовий знак для його коректного оформлення.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Висновок про дисертаційну роботу.

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Степаненка Віталія Анатолійовича на тему «Управління інтеграцією відновлюваних джерел енергії до розподільних електричних мереж» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має істотне значення для галузі знань 14 Електрична інженерія. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п. 6–9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 року № 44.

Здобувач Степаненко Віталій Анатолійович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 14 Електрична інженерія за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Рецензент:

Доцент кафедри електропостачання
Національного технічного
університету України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»,
кандидат технічних наук, доцент



«01» травня 2025 року