

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**рецензента, д.т.н., доцента Гапона Дмитра Анатолійовича**

**на дисертаційну роботу Кузнецова Дмитра Сергійовича**

**«Підвищення енергоефективності електричних мереж**

**з відновлюваними джерелами живлення за рахунок використання**

**організаційних та технічних заходів»**

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 141 – Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка

Детальний аналіз дисертаційної роботи Кузнецова Дмитра Сергійовича на тему «Підвищення енергоефективності електричних мереж з відновлюваними джерелами живлення за рахунок використання організаційних та технічних заходів», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

### **1. Актуальність теми та зв'язок з науковими планами і програмами**

Зважаючи на динамічний розвиток відновлюваної енергетики, тематика дисертаційної роботи є своєчасною та відповідає актуальним викликам, що постають перед сучасними електроенергетичними системами. Зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) в структурі генерації, а також їх мінливий характер і складність інтеграції у розподільчі мережі, створюють об'єктивну необхідність пошуку нових ефективних рішень щодо управління електричними мережами.

У цьому аспекті особливої ваги набуває проблема підвищення енергоефективності без значних капіталовкладень, що й визначає актуальність обраного напрямку дослідження. У роботі реалізовано комплексний підхід, який об'єднує технічні та організаційні рішення з використанням багатокритеріальних моделей оптимізації, що були перевірені за допомогою комп'ютерного моделювання.

Це свідчить про прикладну орієнтованість дисертаційного дослідження та його потенціал для практичного застосування в умовах трансформації енергосистем із високим рівнем інтеграції ВДЕ та обмеженими ресурсами.

## **2. Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами**

Дисертаційна робота виконувалась у межах наукової спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» відповідно до наукового напрямку кафедри передачі електричної енергії навчально-наукового інституту енергетики, електроніки та електромеханіки НТУ «ХП».

Тематика дослідження узгоджується з пріоритетними науковими напрямами кафедри та безпосередньо пов'язана з виконанням держбюджетних науково-дослідних робіт, зокрема: «Дослідження інтелектуальної системи електропостачання на основі залучення активних споживачів» (ДР № 0122U001313) та «Система сталого електропостачання громад з можливістю забезпечення автономного режиму роботи на основі віртуальних електричних станцій» (ДР № 0124U000669), в яких здобувач брав участь як виконавець окремих дослідницьких розділів.

## **3. Наукова новизна одержаних результатів**

Дисертація містить наукову новизну, з найбільш суттєвих доробок роботи можна назвати:

– подальший розвиток методу систематичного аналізу топологічних конфігурацій електричних мереж (ЕМ) на основі комп'ютерного моделювання в PowerFactory, що відрізняється від існуючих використанням зваженої функції цілі для інтегральної оцінки альтернативних конфігурацій мережі. Запропонований метод дозволяє одночасно враховувати декілька критеріїв оптимізації, для вибору енергоефективної топології мережі;

– подальший розвиток методу динамічного програмування для визначення оптимальних місць встановлення конденсаторних установок (КУ) в ЕМ, який відрізняється від існуючих підходів використанням комбінаторних задач на основі комп'ютерного моделювання ЕМ в PowerFactory, що дозволяє

більш детально оцінити можливі варіанти розміщення КУ в мережі.

Вважаю, що представлена дисертаційна робота є вагомим внеском у вдосконалення підходів до оптимізації роботи електричних мереж з урахуванням інтеграції відновлюваних джерел енергії. Особливістю дослідження є поєднання технічних і організаційних заходів, спрямованих на підвищення енергоефективності розподільчих систем. Запропоновані рішення відзначаються актуальністю та мають ознаки наукової новизни.

#### **4. Практична цінність одержаних результатів та рекомендації щодо їх подальшого використання**

Практична цінність дисертаційної роботи полягає у вдосконаленні підходів до оптимізації функціонування електричних мереж. Здобувачем запропоновано низку ефективних методик, зокрема: аналізу топологічних конфігурацій з використанням зваженої функції цілі для обґрунтування структури мережі в умовах багатокритеріального вибору; визначення оптимальних точок підключення відновлюваних джерел енергії з урахуванням індексу чутливості та технічних обмежень; розміщення конденсаторних установок із застосуванням методів динамічного програмування й комп'ютерного моделювання; а також алгоритм поетапної модернізації мереж, який охоплює організаційно-технічні заходи для забезпечення енергоефективності та надійності розподільчих систем.

#### **5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані автором**

Основні результати дисертаційної роботи Кузнецова Д. С. опубліковані у 11 наукових праці, серед яких 5 статей у фахових виданнях України та 6 публікацій апробаційного характеру, включаючи одну, що індексується у міжнародних наукометричних базах Scopus та/або Web of Science. Це свідчить про належну апробацію та достатній рівень відкритості результатів дослідження.

Представлена робота є самостійним, завершеним дослідженням, що має наукову і прикладну цінність для сфери електроенергетики.

## **6. Аналіз змісту дисертації. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертації**

Дисертаційна робота є завершеним науковим дослідженням, яке відповідає встановленим вимогам до робіт даного рівня. Структурно вона містить анотації українською та англійською мовами, вступ, п'ять розділів, висновки, список використаних джерел із 110 позицій та 3 додатки.

Тематика дисертації присвячена актуальному завданню підвищення енергоефективності розподільчих електричних мереж з інтегрованими відновлюваними джерелами енергії. У роботі обґрунтовано доцільність використання комплексного підходу, що передбачає реалізацію технічних та організаційних рішень без потреби у значних капітальних витратах.

У вступі чітко окреслено мету, завдання, наукову новизну, прикладну цінність результатів та зв'язок із відповідними науковими програмами, подано інформацію щодо апробації й публікацій.

У першому розділі автором проаналізовано технологічні втрати в електричних мережах, а також методи їх оцінювання та зменшення в умовах впливу ВДЕ. Виділено актуальні напрямки подальших досліджень.

Другий розділ присвячено вдосконаленню методів аналізу топологічних рішень мереж із використанням комп'ютерного моделювання в середовищі PowerFactory. Запропоновано зважену функцію цілі, ефективність якої підтверджено на прикладі мережі 35/10 кВ.

У третьому розділі автором досліджено вплив ВДЕ на втрати, напругу та якість електропостачання. Розроблено методика визначення місць підключення ВДЕ з використанням індексу чутливості, що дозволяє підвищити енергоефективність.

Четвертий розділ містить обґрунтування розміщення конденсаторних установок на основі динамічного програмування. Запропонований підхід дозволяє детальніше враховувати технічні аспекти режиму роботи мереж.

У п'ятому розділі автором подано комплексну стратегію модернізації мереж, що включає оптимізацію топології, інтеграцію ВДЕ та впровадження КУ

як єдину систему рішень. Ефективність запропонованих підходів підтверджена моделюванням на прикладі реально існуючої мережі.

Висновки відображають основні досягнення дисертанта та відповідають сформульованим цілям і завданням дослідження.

Список літератури демонструє глибоке опрацювання як вітчизняних, так і зарубіжних джерел.

Додатки містять результати моделювань та практичного застосування.

Загалом, структура, зміст та обсяг роботи свідчать про високий рівень виконання дисертації та відповідність її вимогам, які висуваються до наукових робіт на здобуття ступеня доктора філософії.

### **7. Достовірність отриманих результатів та висновків**

Достовірність отриманих результатів зумовлено поставленими метою та завданнями, а також використанням відповідної методології дослідження. Крім того, достовірність заявлених положень обґрунтовується комплексним підходом у вивченні визначеного об'єкта, що також зумовлює і низку певних методів, які були використані в процесі дослідження.

### **8. Оформлення дисертації, дотримання вимог академічної доброчесності та повнота викладення наукових положень та результатів в опублікованих працях**

Дисертаційна робота виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати дають підстави стверджувати про оригінальність представленої роботи. У тексті дисертації містяться авторські ідеї і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їх роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено в 11 наукових публікаціях. Здобувач активно приймав участь в Українських та Міжнародних конференціях, де була проведена апробація ідей, які викладено у дисертаційному дослідженні і підтверджено 6 науковими публікаціями у матеріалах конференцій, з яких 1 проіндексовано у міжнародній наукометричній базі даних Scopus.

## **9. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи**

1. З тексту роботи не зрозуміло, чи проводилась перевірка отриманих результатів моделювання через альтернативне програмне середовище, крім PowerFactory?

2. У висновках до розділу 5, наведено загальні переваги запропонованого підходу. Чи була розрахована орієнтовна вартість впровадження всієї запропонованої стратегії модернізації в межах однієї типової мережі?

3. Графічні матеріали, що демонструють результати розрахунків усталеного режиму з урахуванням перетоків та втрат на окремих ділянках мережі, потребують покращення якості візуального оформлення, оскільки в поточному вигляді їх сприйняття дещо ускладнене. Проте зміст залишається загалом зрозумілим.

4. З тексту дисертації не зрозуміло, чому у режимі зимового максимуму після оптимального розмикання (табл. 2.6), сумарні реактивні втрати в ЛЕП збільшились.

5. Не зрозуміло, з якою метою виконується сортування ЛЕП (алгоритм на рис. 3.10) за величиною активних втрат на початковому етапі.

6. У тексті дисертації не вказано, за який проміжок часу використовувались дані по споживанню активної та реактивної енергії по підстанціях.

7. В роботі виявлено незначну кількість технічних неточностей, зокрема орфографічного й пунктуаційного характеру, проте їхня кількість не перевищує допустимі межі для наукового тексту.

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Кузнецова Д. С. її наукову новизну і практичну цінність.

## **10. Висновки**

Дисертаційна робота Кузнецова Дмитра Сергійовича є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має

наукову повизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 14 – «Електрична інженерія» та спеціальності 141 – «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка».

Отже, враховуючи актуальність теми, отримані результати та наявну практичну значимість вважаю, що дисертаційна робота Кузнецова Дмитра Сергійовича «Підвищення енергоефективності електричних мереж з відновлюваними джерелами живлення за рахунок використання організаційних та технічних заходів» відповідає вимогам 6, 7, 8, 9 «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціальної вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії» від 12.01.2022 р. № 44 та вимогам до оформлення дисертації МОН України від 12.01.2017 № 40, а сам автор, Кузнецов Дмитро Сергійович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 - «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка».

Рецензент – доктор технічних наук

доцент, зав. каф. автоматизації та кібербезпеки енергосистем

Національного технічного університету

«Харківський Політехнічний Інститут»

