

## **РЕЦЕНЗІЯ**

**рецензента Шутенка Олега Володимировича**

**на дисертаційну роботу Баклицького Владислава Миколайовича  
«Вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в  
задачах проектування електричних мереж 110 кВ», представлену на  
здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю  
141 – Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка**

Детальний розгляд та аналіз дисертаційної роботи Баклицького Владислава Миколайовича «Вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в задачах проектування електричних мереж 110 кВ», що представлена для захисту на здобуття наукового ступеня доктора філософії у Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут», дає змогу зробити комплексний висновок щодо її актуальності, ступеня обґрунтованості наукових положень, висновків, рекомендацій, достовірності та значимості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

### **1. Актуальність теми.**

Значна частина об'єктів електричних мереж (ЕМ) 110 кВ являються пошкодженими в наслідок російської агресії та мають відпрацьований термін експлуатації, в першу чергу, це стосується високовольтного обладнання підстанцій. Відповідно до зазначеної проблематики, потрібна реконструкція об'єктів електромережевої інфраструктури.

Під час розроблення проектів реконструкції ЕМ 110 кВ виникає необхідність визначення оптимальних потужностей двообмоткових силових трансформаторів та оцінювання ефективності їх застосування за певних експлуатаційних умов. Відповідно до проектної практики алгоритми вибору потужності силових трансформаторів враховують технічні аспекти, за яких силовий трансформатора буде працювати без виходу із ладу, а економічні

показники враховуються опосередковано. Тому, в разі необхідності аналізу доцільності застосування певної номінальної потужності силового трансформатора з техніко-економічної точки зору може використовуватись критерій мінімуму дисконтованих витрат на трансформування параметрів електричної енергії.

Підсумовуючи вищенаведені умови вибору номінальної потужності силових трансформаторів ЕМ 110 кВ, можна стверджувати, що питання врахування техніко-економічних показників силового трансформатора потребує додаткового опрацювання з застосуванням відповідних математичних методів прийнятних для аналізу техніко-економічних показників об'єктів електричних мереж.

Таким чином, враховуючи вищенаведене, вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в задачах проектування електричних мереж 110 кВ являється електроенергетичної галузі України актуальним і практично значимим завданням, розв'язання якого дозволить підвищити експлуатаційну надійність ЕМ.

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

Дисертаційна робота Баклицького В.М. виконувалась на кафедрі «Передача електричної енергії» (ПЕЕ) Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» (НТУ «ХПІ») відповідно до освітньо-наукової програми 141 «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка». Виконання дисертаційних досліджень базувалося на детальному вивченні та аналізі відомих методів, теорій і практичних аспектів, пов'язаних із зазначеною науковою програмою.

Дисертаційні дослідження проводилися в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи за планом МОН України «Дослідження інтелектуальної системи електропостачання на основі залучення активних споживачів» (№ДР 0122U001313, 2022 – 2023 р.р.), в якій здобувач був виконавцем окремих розділів.

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

Дисертаційна робота Баклицького В.М. містить наукову новизну:

- отримала подальший розвиток математична модель дисконтованих витрат силових трансформаторів електричних мереж 110 кВ, яка відрізняється від існуючих можливістю визначити оптимальну потужність силового трансформатора, що дозволить знизити вплив неоднорідності мережі та визначити оптимальне співвідношення складових в техніко-економічній моделі;

- вперше науково обґрунтовано використання методів статистичних рішень для визначення значень оптимальної потужності силових трансформаторів, що дозволить мінімізувати рівень економічних витрат в разі прийняття помилкових рішень під час розроблення проекту реконструкції електричних мереж 110 кВ;

- вперше розроблено метод вибору силового трансформатора, який на відміну від існуючих враховує особливості режиму роботи електричної мережі з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційні показники підстанцій, що дозволяє під час розроблення проекту реконструкції електричних мереж 110 кВ сформулювати оптимальний параметричний ряд силових трансформаторів для зменшення витрат активної потужності в мережі і зниження витрат в період експлуатації.

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

Дисертаційна робота Баклицького В.М. містить як в теоретичному, так і в практичному плані нові рішення, які визначаються тим, що на основі вдосконалених математичних моделей розроблено: методику визначення оптимальної потужності силових трансформаторів; методику врахування експлуатаційних показників підстанцій та наявності вузлів розосередженої генерації під час розроблення проектів реконструкції підстанцій ЕМ; методику визначення оптимального параметричного ряду силових трансформаторів на етапі проектування для зниження витрат активної потужності в мережі і

зменшення витрат в період експлуатації; методику вибору силового трансформатора, яка враховує особливості режиму роботи електричної мережі з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційні показники підстанцій. Розроблені методики підтверджені актами впровадження.

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

Основний зміст дисертаційної роботи відображено у 16 наукових публікаціях, з яких 5 статей у наукових фахових виданнях України, в тому числі 2 – одноосібно; 1 – в науковому журналі; 1 – в іноземному виданні; 8 в матеріалах конференцій, з яких 1 проіндексована у міжнародній наукометричній базі даних Scopus; 1 в колективній монографії.

Зазначене вище дозволяє стверджувати, що дослідження, представлені у дисертаційній роботі Баклицького В.М. є достатньо висвітленими, виконаними самостійно. У працях написаних в співавторстві зазначено особистий внесок здобувача, який відповідає його дисертаційним дослідженням.

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

Дисертаційна робота Баклицького В.М. є завершеною науковою роботою, містить анотацію – українською та англійською мовами, вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел із 112 найменувань та 4 додатка.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково – прикладного завдання по вдосконаленню моделей і методів вибору силового трансформатора електричних мереж 110 кВ для врахування під час розроблення проекту реконструкції підстанції особливостей режиму роботи електричної мережі з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційних показників підстанції, що дозволить в період експлуатації знизити вплив неоднорідності електричних мереж, зменшити технологічні втрати потужності в мережах і витрати на трансформування параметрів електричної енергії.

*Об'єкт дослідження* – процеси в електричних мережах 110 кВ та їх вплив на технічні і економічні характеристики силових трансформаторів

*Предмет дослідження* – електричні та економічні параметри силових трансформаторів електричних мереж 110 кВ з врахуванням експлуатаційних умов підстанцій.

У *вступі* обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, визначено мету і завдання дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами, наведено відомості про наукову новизну, практичне значення, апробацію результатів та публікації.

У *першому розділі* проаналізовано експлуатаційні характеристики електроенергетичних об'єктів, які враховуються під час вибору перерізу проводів повітряних ліній та потужності силових трансформаторів на етапі проектування ЕМ 110 кВ. За результатами аналізу встановлено, що переріз проводів повітряних ліній обирається з врахуванням техніко-економічних показників процесу передачі електричної енергії, а номінальна потужність силових трансформаторів обирається спираючись на показники завантаженості підстанції при яких обладнання буде працювати без виходу з ладу. Розглянуто математичні методи для реалізації техніко-економічних моделей електроенергетичних об'єктів. Зазначена проблематика застосування нелінійних математичних методів, яка пов'язана зі складністю формулювання електроенергетичних задач та частим вірогіднісним характером і неповнотою інформації щодо початкових даних. За результатами аналізу, виконаними в розділі, сформовано основні напрямки досліджень.

У *другому розділі* вдосконалено техніко-економічні моделі силових трансформаторів ЕМ 110 кВ шляхом апроксимації складових на базі номінальної потужності, яка являється оптимізуємим параметром. Вдосконалені техніко-економічні моделі проаналізовано критеріальним методом, що дозволило визначити критеріїв подібності за умови неповної вихідної інформації. Отримані критерії подібності оцінені шляхом порівняння з критеріями подібності, які були отримані методом інтегральних аналогів з

застосуванням складових витрат в техніко-економічній моделі. За результатами оцінювання, отримані критерії подібності близькі за значенням до отриманих методом інтегральних аналогів, що вказує на відповідність прийнятих критеріїв подібності до реальної картини розподілення витрат в мережах 110 кВ. Розроблені техніко-економічні моделі силових трансформаторів проаналізовано на техніко-економічну стійкість та чуттєвість. За результатами проведених у розділі досліджень, можна стверджувати, що сформовані техніко-економічні моделі прийнятні до використання в подальших дослідженнях.

У *третьому розділі* сформовано оптимальний параметричний інтервал потужності силових трансформаторів на основі вдосконалених у розділі 2 техніко-економічних моделей. Проведено оцінювання зміни перерозподілу витрат на трансформування параметрів електричної енергії на прикладі підстанції з двообмотковим силовим трансформатором марки ТМН 6300/110, яка входить до ЕМ АТ «Вінницяобленерго». Для цієї підстанції виконано порівняння складових витрат до та після зміни силового трансформатора на ТМН-2500/110. Показано, що витрати на трансформування параметрів електричної енергії зменшується внаслідок застосування на діючій підстанції пропонуємого трансформатора. Виконано пошук оптимального коефіцієнту параметричного інтервалу потужностей силових трансформаторів ЕМ 110 кВ на прикладі ділянки схеми сталого режиму роботи ЕМ АТ «Вінницяобленерго». Відповідно до наведеної у розділі послідовності розрахунку оптимальної потужності виконано побудову статистичного розподілу появи розрахункових значень оптимальної потужності для ділянки мережі з діючими двообмотковими силовими трансформаторами з вищою напругою 110 кВ. На основі отриманих значень оптимальної потужності прийнято інтервал, який задовольняє 95% отриманих розрахункових значень оптимальної потужності. Формування вибірки для побудови статистичного розподілу появи розрахункових значень оптимальної потужності виконано з застосування методу повного факторного експерименту, що дозволило врахувати можливі поєднання значень параметрів для знаходження оптимальної потужності. На

основі отриманих граничних значень інтервалу варіювання оптимальної потужності визначено кількість номінальних потужностей силових трансформаторів, яку доцільно застосовувати під час оптимізації існуючого параметричного ряду діючих трансформаторів на аналізуємій ділянці мережі. Відповідно до проведених розрахунків, виконано формування параметричного інтервалу силових трансформаторів з врахуванням існуючого номенклатурного переліку, а також сформовано оптимальний параметричний ряд силових трансформаторів для ділянки, що аналізується ЕМ: ТМН- 2500/110, ТДН- 10000/110, ТДН- 25000/110.

У четвертому розділі представлено дослідження, які дозволяють враховувати вплив наявності відновлювальних джерел енергії на експлуатаційні параметри силового трансформатора за умови підключення вузла розосередженої генерації до спільного розподільчого пристрою з навантаженням, живлення якого відбувається через силовий трансформатор. Показано, що наявність вузла розосередженої генерації впливає на експлуатаційні параметри силового трансформатора. Це свідчить про необхідність врахування зміни обсягу потужності, яка протікає через силовий трансформатор під час роботи даного вузла генерації. Виконано розрахунок співвідношення витрат в техніко-економічних моделях силових трансформаторів для ряду діючих підстанцій ЕМ АТ «Вінницяобленерго» з врахуванням існуючих експлуатаційних умов на основі показників відхилень критеріїв подібності від своїх оптимальних значень. Виявлено, що, використовуючи ці величини, можна зробити висновки щодо роботи силових трансформаторів за умови, що співвідношення витрат знаходяться зі значною мірою точності.. Проведено аналіз зміни технологічних втрат активної потужності під час трансформування параметрів електричної енергії в разі застосування на ділянці мережі, що аналізується сформованого у розділі 3 ряду силових трансформаторів. За результатами проведеного аналізу виявлено, що втрати активної потужності на ділянці мережі, що аналізується зменшуються після застосування на підстанціях силових трансформаторів з сформованого

ряду, що призводить до покращення енергоефективності процесу передачі електричної енергії. Сформовано додаткові положення для розроблення проекту реконструкції ЕМ 110 кВ в частині вибору номінальної потужності силового трансформатора, які враховують особливості режиму роботи мереж з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційні показники підстанцій.

*Висновки*, сформульовані у дисертаційній роботі, висвітлюють результати дослідження поставлених в дисертації завдань. В цілому висновки відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

*Список використаних джерел* із 112 найменувань достатньо охоплює предметне поле дослідження і певною мірою відображає опрацювання автором значної кількості іноземних та вітчизняних інформаційних джерел.

*У додатках* приведено результати розрахунків та аналізу за темою дисертаційних досліджень; документи про впровадження результатів дисертаційної роботи; список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертаційних досліджень.

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

Достовірність отриманих результатів у дисертаційній роботі Баклицького В.М. забезпечується коректним поставленням мети і задач, застосуванням методів теорії диференційного числення, критеріального метод аналізу, методів статистичного аналізу та законів розподілу. Наукові висновки, зроблені в роботі, підтверджуються коректним використанням методів дослідження та впровадженням в проектну організацію, що свідчить про достовірність одержаних результатів.

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

Стиль викладення матеріалу в дисертації зрозумілий для сприйняття. Дисертація містить наукові положення, які характеризуються новизною, а

також має практичні результати, які знайшли застосування в проєктній організації ТОВ «Енержигруп», та використовуються в навчальному процесі кафедри ПЕЕ НТУ «ХП». Рівень досліджень та глибина розгляду питань відповідають вимогам, які висуваються до результатів дисертаційного дослідження на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Дисертаційна робота Баклицького В.М. виконана з дотримання вимог академічної доброчесності, отримані результати перевірки на плагіат дають підстави говорити про оригінальність роботи. У тексті містяться авторські ідеї, і не виявлено використання ідей інших науковців без посилання на їхні роботи.

Основні ідеї автора та результати дослідження викладено в 16 наукових публікаціях. Здобувач активно приймав участь в Українських та Міжнародних конференціях, де була проведена апробація ідей, які викладено у дисертаційному дослідженні і підтверджено 8 науковими публікаціями у матеріалах конференцій, з яких 1 проіндексовано у міжнародній наукометричній базі даних Scopus.

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

1. Відповідно до тексту дисертації Ви в своїй роботі використовували квазидинамічне моделювання в програмному комплексі Power Factory під час формування алгоритмів (стор. 9). Яких саме алгоритмі, уточніть.

2. В роботі Ви зазначаєте, що використовували методи статистичних рішень для визначення значень оптимальної потужності силових трансформаторів, назвіть, які методи Ви використали?

3. З тексту дисертації не зрозуміло, яким чином Ви оцінювали достовірність апроксимації?

4. У розділі 2.2 (стор. 39) Ви пишете, що формування узагальненої техніко-економічної моделі силових трансформаторів виконується «...за певних експлуатаційних умов...». Що Ви маєте на увазі?

5. З тексту дисертації не зрозуміло, який метод було використано для визначення критеріїв подібності. Якщо це метод інтегральних аналогів, то яке

диференційне рівняння було використано. Якщо це метод аналізу розмірностей, то яке повне фізичне рівняння процесу?

6. В розділі 2.3.2. (стор. 53) Ви оцінюєте достовірність отриманих критеріїв подібності, але з подальшого тексту дисертації не зрозуміло, чи була оцінена достовірність розробленої моделі?

7. Поясніть, чому Ви застосували у 3 розділі роботи саме повнофакторний експеримент?

8. З тексту дисертації не зрозуміло, що робити, якщо потужність попадає на зону перетинів діапазонів?

9. Не зрозуміло, підстанції які аналізуються в роботі являються 2-х трансформаторними чи ні? Як це враховувалося в дослідженнях?

10. У першому розділі (стор. 34) наявне повторення мети і задач дослідження, які вже наведено у вступі (стор. 8). Текст перенасичений складносурядними реченнями, зустрічаються помилки, не закінчені речення, стилістичні неточності і описки (стор. 13, 37, 51, 59...), але кількість їх допустима.

Зазначені недоліки і зауваження не є принциповими і не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Баклицького В.М., її наукову новизну і практичну цінність.

## **10. Висновки.**

Дисертаційна робота Баклицького Владислава Миколайовича є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. Тема дослідження відповідає галузі знань 14 – «Електрична інженерія» та спеціальності 141 – «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка».

Враховуючи актуальність теми, отримані результати та наявну практичну значимість вважаю, що дисертаційна робота Баклицького Владислава Миколайовича «Вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в задачах проектування електричних мереж 110 кВ»

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 р. № 40, а її автор, Баклицький Владислав Миколайович, заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 – «Електротехніка, електроенергетика та електромеханіка».

### **Рецензент**

**кандидат технічних наук, доцент,**

**доцент кафедри передачі електричної енергії**

**Національного технічного університету**

**«Харківський політехнічний інститут»**



Підпис **Олег ШУТЕНКО**  
ЗАСВІДЧУЮ:  
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР  
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
" 28 травня 2025 р.