

В І Д Г У К

**офіційного опонента ПАПАЇКИ Юрія Анатолійовича
на дисертаційну роботу БАКЛИЦЬКОГО Владислава Миколайовича
«Вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в
задачах проєктування електричних мереж 110 кВ», що подана на
здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю
141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»**

Актуальність теми.

Для нинішніх умов функціонування електричних мереж (ЕМ) 110 кВ є характерним перехідний стан викликаний рядом факторів, основними з яких являються: потреби в дотриманні вимог зумовлених ринковими відносинами, зміна трендів в енергоспоживанні, необхідність в реконструюванні, впровадження об'єктів розподіленої генерації, дефіцит потужності внаслідок значних обсягів руйнувань об'єктів генерації. Також значна частина об'єктів ЕМ являються пошкодженими в наслідок російської агресії та мають відпрацьований термін експлуатації, безпосередньо це стосується електрообладнання підстанцій, до якого відносяться силові трансформатори.

Відповідно до наведених факторів доцільно виконати перегляд номенклатурного переліку силових трансформаторів. Оскільки, існуючий підхід до знаходження потужності силових трансформаторів в задачах проєктування ЕМ орієнтований на вибір показника завантаженості підстанції, за якого силові трансформатори будуть працювати безвідмовно, не враховує економічних показників процесу перетворення електричної енергії. Це формує підстави для виявлення реального співвідношення техніко-економічних показників силових трансформаторів та подальшого їх аналізу з метою визначення оптимального за потужністю трансформатора для застосування в існуючих експлуатаційних умовах.

Під час техніко – економічного аналізу силових трансформаторів має сенс застосовувати методи, які дозволяють приймати рішення як за повної

вихідної інформації, так і в умовах неповноти та невизначеності вихідної інформації.

В зв'язку з цим вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в задачах проєктування електричних мереж 110 кВ є актуальною науково-прикладною задачею вирішенню якої і присвячено дисертаційну роботу Баклицького В.М.

У дисертаційній роботі поставлена науково-прикладна задача вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів для врахування під час розроблення проєкту реконструкції електричних мереж 110 кВ особливостей режиму роботи мережі з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційних показників підстанції, що дозволить в період експлуатації знизити вплив неоднорідності електричних мереж, зменшити технологічні втрати потужності та витрати на трансформування параметрів електричної енергії.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Відповідно до поданих дисертаційних матеріалів, результати досліджень є складовою частиною науково-дослідних робіт, виконаних на кафедрі «Передача електричної енергії» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» 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.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі Баклицького В.М. є високою й базується на аналізі інформаційних джерел за даною проблемою, гармонійній постановці мети і задач дослідження, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і детальному критичному аналізу отриманих результатів з результатами інших дослідників, у якісному формулюванні отриманих висновків.

Положення, висновки і рекомендації, наведені в дисертаційній роботі Баклицького В.М., в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів.

Достовірність результатів досліджень забезпечується коректністю постановлених задач, застосуванням процедур і методів математичного апарату, методів статистичного аналізу та законів розподілу. Дослідження виконані з використанням математичного апарату та сучасного комп'ютерного моделювання. Отримані результати перевірені використанням інформації діючих об'єктів ЕМ АТ «Вінницяобленерго», що підтверджує достовірність сформульованих в дисертаційній роботі результатів дослідження, наукових положень, висновків і рекомендацій.

Основні результати отримані Баклицьким В.М. в дисертаційній роботі, які мають суттєву наукову новизну.

1. 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;

2. 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;

3. 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 втрат активної потужності в мережі і зниження витрат в період експлуатації.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання полягає у розробленні: методики визначення оптимальної потужності трансформатора; методики врахування експлуатаційних показників підстанцій та наявності вузлів розосередженої генерації під час розроблення проектів реконструкції підстанцій електричних мереж; методики визначення оптимального параметричного ряду силових трансформаторів на етапі проектування; методики вибору силового трансформатора, яка враховує особливості режиму роботи електричної мережі з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційні показники підстанцій.

Розроблені методики підтверджені актами впровадження в проектну організацію «ТОВ «Енерджигруп»» та навчальний процес Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Зміст дисертації та відповідність встановленим вимогам.

Дисертація Баклицького В.М. складається з анотації двома мовами, змісту, переліку умовних позначень і скорочень, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Обсяг дисертації складає 170 сторінок.

В *вступі* обґрунтовано актуальність дисертаційних досліджень, визначено мету і задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими темами, наведено відомості про наукову новизну, практичне значення, апробацію результатів та публікації.

В *першому розділі* дисертаційної роботи проаналізовано умови роботи електроенергетичних об'єктів і виявлено фактори, які зумовлюють тенденції розвитку ЕМ 110 кВ. Також виконано аналіз експлуатаційних характеристик повітряних ліній та силових трансформаторів, які враховуються в період розроблення проекту реконструкції ЕМ 110 кВ. Розглянуто математичні методи для реалізації техніко-економічних моделей електроенергетичних

об'єктів і виявлено, що для аналізу техніко-економічних моделей силових трансформаторів EM 110 кВ має сенс застосувати критеріальний метод. Відповідно до зазначених проблем сформовано мету і задачі дисертаційних досліджень.

В *другому розділі* дисертаційної роботи вдосконалено техніко-економічні моделі силових трансформаторів EM 110 кВ і проаналізовано їх критеріальним методом, що дозволило оцінити ці моделі за умови неповної вихідної інформації та виконати пошук критеріїв подібності для мінімуму дисконтованих витрат. Отримані критерії подібності оцінені шляхом порівняння з розрахованими критеріями подібності для діючого обладнання, які були отримані методом інтегральних аналогів. За результатами оцінювання виявлено, що отримані критерії подібності близькі за значенням до розрахованих, що вказує на відповідність прийнятих критеріїв подібності до існуючого розподілу витрат в EM 110 кВ. Вдосконалені моделі силових трансформаторів проаналізовано на техніко-економічну стійкість та чуттєвість. За результатами проведених в розділі досліджень, можна стверджувати, що сформовані техніко-економічні моделі доцільно використовувати в подальших дослідженнях.

В *третьому розділі* дисертаційної роботи сформовано параметричний інтервал потужності силових трансформаторів на основі вдосконалених техніко-економічних моделей. Пошук коефіцієнту параметричного інтервалу потужностей силових трансформаторів EM 110 кВ виконано на прикладі ділянки схеми сталого режиму роботи EM AT «Вінницяобленерго». Відповідно до проведених розрахунків, виконано формування параметричного інтервалу силових трансформаторів з врахуванням існуючого номенклатурного переліку і для застосування на аналізуемій ділянці мережі сформовано оптимальний за техніко - економічними показниками параметричний ряд силових трансформаторів: ТМН- 2500/110, ТДН- 10000/110, ТДН- 25000/110.

В *четвертому розділі* дисертаційної роботи представлено дослідження, які дозволяють враховувати вплив відновлювальних джерел енергії на експлуатаційні параметри силового трансформатора. Виконано розрахунок співвідношення витрат в техніко-економічних моделях силових трансформаторів для ряду діючих підстанцій. Отримано граничні значення відхилень співвідношень витрат в техніко-економічних моделях силових трансформаторів за якими має сенс приймати рішення щодо необхідності перегляду номінальної потужності силового трансформатора під час розроблення проєкту реконструкції ЕМ 110 кВ. Проведено аналіз зміни технологічних витрат активної потужності під час трансформування параметрів електричної енергії в разі застосування на аналізуємій ділянці мережі сформованого у розділі 3 оптимального ряду силових трансформаторів. Сформовано додаткові положення для розроблення проєкту 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.

У *висновках* наведено основні результати роботи щодо вирішення поставлених задач дослідження.

У *додатках* наведено результати розрахунків, акти впровадження наукових результатів, які отримані в дисертації, список публікацій за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертаційної роботи.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Основні положення та результати дисертаційної роботи Баклицького В.М. опубліковано 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.

Список використаних джерел із 112 найменувань досить повний і охоплює сучасні вітчизняні та зарубіжні публікації.

Апробація результатів дисертації.

Основні положення дисертації представлені та обговорені на: Всеукраїнській науковій конференції «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка: застосування, дослідження, освіта» (м. Одеса, 2021 р.); XXVIII, XXX, XXXI, XXXII Міжнародних науково-практичних конференціях «Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я» (м. Харків, 2021 р., 2022р, 2023 р., 2024р); 5-й Міжнародній науково-технічній конференції "Оптимальне керування електроустановками" (м. Вінниця, 2021 р.); 5-й Міжнародній науково-технічній конференції "Енергоефективність та енергетична безпека електроенергетичних систем (м. Харків, 2021 р.); Міжнародній конференції «KhPI Week on Advanced Technology (KhPIWeek)» (м. Харків, 2023 р.).

Аналіз матеріалів публікацій і апробацій дисертаційних досліджень дозволяє зробити висновок, що в них в повному об'ємі опубліковані матеріали дисертаційної роботи Баклицького В.М. В працях, написаних в співавторстві з іншими науковцями наявний внесок здобувача, який відповідає його дисертаційним дослідженням. В цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертаційної роботи на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України.

Академічна доброчесність.

Порушень академічної доброчесності в дисертаційній роботі та наукових публікаціях, у яких висвітлені основні наукові результати дисертації, не виявлено.

Усі результати, які винесено автором на захист, отримані самостійно і містяться в опублікованих роботах. У роботах, опублікованих у співавторстві, використані тільки ті ідеї, положення та розрахунки, які є результатом особистих наукових пошуків здобувача. Використання ідей, результатів та текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

Отже, провівши наукові дослідження з використанням сучасних методів та технічних засобів, Баклицький В.М. досяг поставленої в дисертаційній роботі мети, а саме вдосконалив моделі і методи вибору силових трансформаторів для врахування під час розроблення проєкту реконструкції електричних мереж 110 кВ особливостей режиму роботи мережі з відновлювальними джерелами енергії і експлуатаційних показників підстанції, що дозволить в період експлуатації знизити вплив неоднорідності електричних мереж, зменшити технологічні втрати потужності та витрати на трансформування параметрів електричної енергії.

По дисертаційній роботі Баклицького В.М. є зауваження:

1. В тексті дисертації часто зустрічається вислів «..початкові дані..». Так, що входить до початкових даних?

2. Під час вдосконалення техніко-економічної моделі (2.1) на стор. 38 Ви зазначили «... між складовою A_1 та A_2 спостерігається конкуруючий ефект..», але не зрозуміло, яке рішення Ви пропонуєте для врахування цього ефекту.

3. На стор. 44 Ви зазначаєте, «... Спираючись на величини витрат (рис. 2.1), вищенаведені початкові дані приймаються оптимальними та використовуються для подальших розрахунків...». Поясніть, які саме початкові дані використовуються для подальших розрахунків, оскільки на рис. 2.1 представлено 5 кривих.

4. З тексту дисертації не зрозуміло, як в моделі 2.10 (стор. 47) з'явилися коефіцієнти ступеню рівні 0,8 і -1,25?

5. В тексті дисертації (стор. 76 та стор. 108) доцільно було б навести пояснення до рис. 3.1 - Однолінійна схема підстанції і рис. 4.1 - Однолінійна схема прийнятої підстанції, а також пояснити представлені на схемах числа.

6. З тексту дисертації не зрозуміло, як в ф.3.3 на стор. 79 в ступені було розраховано 0,49?

7. Уточніть умову за якою приймається значення оптимальної потужності на стор. 89 (р. 3.3) під час визначення меж варіювання оптимальної потужності.

8. Доцільно було б в р. 4.1 акцентувати увагу на методиці розрахунку експлуатаційних показників для підстанцій з врахуванням наявності вузлів розосередженої генерації, а не на послідовності дій, які потрібно виконати для того, щоб врахувати вузли розосередженої генерації.

9. З тексту дисертації (р.4.3, табл. 4.4, стор. 120 - 121) не зрозуміло на скільки ж відсотків зменшаться втрати активної потужності у разі застосування на аналізуємій ділянці ЕМ пропонуємих силових трансформаторів.

10. У розділ 4.4. (стор. 125) доцільно було б виділити такі пункти, як: Вихідні дані; Умови прийняття оптимального рішення і т. д., а не представляти текстом.

11. *Щодо загальної оцінки змісту, структури та оформлення результатів роботи.* У роботі зустрічаються орфографічні, пунктуаційні та граматичні помилки, стилістичні неточності і описки (наприклад, на стор. 7, 21, 40, 70, 105), 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.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Баклицького Владислава Миколайовича «Вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в задачах проектування електричних мереж 110 кВ» є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу та полягає у вдосконаленні моделей і методів вибору силових трансформаторів для врахування в задачах проектування електричних мереж 110 кВ особливостей режиму роботи мережі з відновлювальними джерелами енергії

і експлуатаційних показників підстанції, що дозволить в період експлуатації знизити вплив неоднорідності електричних мереж, зменшити технологічні втрати потужності та витрати на трансформування параметрів електричної енергії.

Подана дисертаційна робота «Вдосконалення моделей і методів вибору силових трансформаторів в задачах проектування електричних мереж 110 кВ» Баклицького В.М. за своїм змістом відповідає спеціальності 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», відповідає вимогам до дисертацій на здобуття наукового ступеня доктора філософії, а саме вимогам пунктів 6, 7, 8 і 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 КМУ від 12.01.2022 р. №44, а здобувач Баклицький Владислав Миколайович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Офіційний опонент:

завідувач кафедри електроенергетики
Національного технічного університету
«Дніпровська політехніка»

д.т.н., проф.

29 травня 2025 р.



Юрій Папаїка
Юрій ПАПАЇКА