

РЕЦЕНЗІЯ

к.т.н., доцента Довгалюк Оксани Миколаївни

на дисертаційну роботу Кулика Олексія Сергійовича

«Підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів в обладнанні електричних систем за результатами аналізу розчинених в маслі газів»

подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю

141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Детальний аналіз дисертаційної роботи Кулика Олексія Сергійовича на тему «Підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів в обладнанні електричних систем за результатами аналізу розчинених в маслі газів», 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 значущості отриманих результатів, наукової новизни, теоретичної та практичної цінності, надати загальну оцінку дисертації.

1. Актуальність теми

Одним із основних завдань електроенергетики є забезпечення надійного електропостачання. Ключову роль у цьому відіграє технічний стан обладнання, від роботи якого залежить надійність функціонування електричних мереж та систем, які забезпечують живлення всіх споживачів, в тому числі й критично важливої інфраструктури. Однією з проблем, яка багато в чому визначає експлуатаційну надійність маслонаповненого обладнання, є процес його старіння. Як показує статистика, у багатьох країнах світу, в тому числі й в Україні, значна кількість маслонаповненого обладнання, особливо трансформаторів, експлуатується із суттєвим перевищенням нормативного терміну служби. Крім того, на ресурс трансформаторів впливає значна кількість різноманітних факторів, завдяки чому термін служби не може повною мірою характеризувати їх ресурс. Очевидно, що трансформатори

можуть виробити свій ресурс за критерієм механічної міцності основної ізоляції при терміні служби меншим за нормативний. Отже, більш об'єктивною характеристикою експлуатаційної надійності силових трансформаторів, як і всього електричного обладнання, є залежність питомої пошкоджуваності від тривалості експлуатації. Цей показник демонструє, що найбільша частота відмов обладнання спостерігається на ранніх стадіях та наприкінці життєвого циклу, коли спостерігається значне зростання частоти відмов внаслідок старіння.

Таким чином, удосконалення підходів та критеріїв для оцінки технічного стану високовольтного маслонаповненого обладнання під час тривалої експлуатації та обґрунтування рішень щодо їх подальшої експлуатації є важливою і актуальною задачею сьогодення для енергетики.

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

Дисертаційне дослідження виконувалося на кафедрі передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» в рамках ініціативної науково-дослідної роботи «Удосконалення методів діагностики стану маслонаповненого високовольтного обладнання електричних мереж» (№ ДР 0121U109404, 2021–2022 рр.). Основні наукові результати, одержані в дисертаційній роботі, використовуються при виконанні наукових досліджень в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи за планом МОН України «Забезпечення стійкого, надійного та ефективного енергопостачання районів міст постраждалих внаслідок бойових дій» (№ ДР 0123U100244, 2023–2025 рр.).

3. Наукова новизна одержаних результатів

Наукова новизна отриманих результатів обумовлена теоретичним узагальненням і новим рішенням важливого наукового та практичного завдання, яке полягає у покращенні експлуатаційної надійності високовольтного маслонаповненого обладнання електричних систем та мереж

шляхом підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів за результатами аналізу розчинених у маслі газів. У дисертаційній роботі отримані такі основні науково обґрунтовані результати:

- подальший розвиток отримав метод номограм, який дозволяє у 7 разів підвищити кількість розпізнаваних дефектів електричного маслонаповненого обладнання і від існуючих відрізняється більшою кількістю графічних областей для виявлення дефектів різного типу і їх комбінацій, що досягнуто завдяки додаванню 95 нових графічних областей;

- вперше запропоновано графічний метод розпізнавання типу дефекту електричного маслонаповненого обладнання за значеннями трьох відношень газів, який дозволяє підвищити кількість правильно поставлених діагнозів завдяки можливості розпізнавання як електричних розрядів і термічних дефектів, так а і їх комбінацій з оцінкою енергії розрядів та температури гарячої точки;

- вперше запропоновано метод розпізнавання типу дефекту електричного маслонаповненого обладнання за комплексом діагностичних критеріїв, що на відміну від існуючих дозволяє розпізнавати більшу кількість типів дефектів завдяки тому, що ґрунтується на використанні порівняльного аналізу співпадіння результатів аналізу розчинених у маслі газів діагностованого обладнання з результатами аналізу розчинених у маслі газів обладнання з чітко встановленим діагнозом.

- науково обґрунтовані діапазони значень відношень газів, відсоткового вмісту газів і відношень газів до газу з максимальним вмістом для 32 типів дефектів і їх комбінацій.

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

Практична цінність отриманих результатів полягає в застосовуванні результатів дисертаційної роботи при інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів для високовольтного маслонаповненого обладнання

у службі ізоляції та грозозахисту АТ «Харківобленерго», а також у навчальному процесі кафедри передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Запропонована методика класифікації стану маслонаповненого обладнання електричних мереж в багатомірному діагностичному просторі використовується при дослідженні процесів старіння ізоляції високовольтного маслонаповненого обладнання електричних систем та мереж і в подальшому буде використана для удосконалення програмного забезпечення інформаційно-аналітичної системи «СИРЕНА», що розробляється на кафедрі передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Основні наукові результати дисертаційної роботи використовуються і будуть далі розвиватись при виконанні наукових досліджень в рамках держбюджетної науково-дослідної роботи за планом МОН України «Забезпечення стійкого, надійного та ефективного енергопостачання районів міст постраждалих внаслідок бойових дій» (№ ДР 0123U100244, 2023–2025 рр.).

5. Повнота викладення матеріалів дисертації в наукових працях, які опубліковані здобувачем

За результатами виконаного в дисертаційній роботі дослідження опубліковано 27 наукових праць, серед яких 8 статей у наукових фахових виданнях України та 4 – в іноземних виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на українських та закордонних конференціях різного рівня, де була проведена апробація запропонованих та розроблених ідей, що підтверджено 15 тезами доповідей та матеріалами відповідних конференцій, з яких 8 проіндексовані у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science. Зазначене вище дозволяє стверджувати, що представлена дисертаційна робота

є самостійним, завершеним науковим дослідженням, результати якого мають практичне значення для електроенергетичної галузі.

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

Робота Кулика О. С. є завершеною науковою роботою, яка складається з анотації (українською та англійською мовами), вступу, чотирьох розділів, висновків, переліку використаних джерел та додатків.

Об'єктом дослідження є процеси розвитку дефектів у маслонаповненому обладнанні електричних систем та мереж.

Предметом дослідження є значення відношень характерних газів, відсоткового вмісту газів і відношень газів до газу з максимальним вмістом в маслонаповненому обладнанні електричних систем та мереж з дефектами різного типу.

У *вступі* обґрунтована актуальність теми дисертації, визначені задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими темами, наведено дані про наукову новизну, практичне значення, публікації та апробацію результатів.

У *першому* розділі виконано аналіз експлуатаційної надійності маслонаповненого обладнання електричних систем та мереж, проаналізовані основні причини та найбільш часті його ушкодження. Визначені основні дефекти, які характерні для маслонаповненого обладнання і виявляються за допомогою інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів. Проаналізовані методи та критерії, що застосовуються для визначення типу дефектів за вмістом розчинених у маслі газів, а також визначені сучасні тенденції щодо їх удосконалення. Проаналізовані основні проблеми, що виникають під час оцінювання стану високовольтного маслонаповненого обладнання за результатами аналізу розчинених у маслі газів.

У *другому* розділі здобувачем проаналізовані значення діагностичних критеріїв для високовольтного маслонаповненого обладнання електричних систем та мереж з дефектами різного типу, для яких встановлені діапазони значень відношень газів, відсоткового вмісту газів і відношень газів до газу з

максимальним вмістом, а також побудовані графічні області дефектів. Виконано порівняльний аналіз достовірності розпізнавання досліджуваних дефектів різного типу, за результатами якого встановлено, що достовірність розпізнавання кожного з методів варіюється залежно від типу дефекту, що не дозволяє застосовувати той чи інший метод як універсальний щодо розпізнавання дефектів різного типу.

У *третьому* розділі викладено детальний опис та алгоритм розробленого методу розпізнавання типу дефектів у маслонаповненому обладнанні електричних систем та мереж за результатами аналізу розчинених у маслі газів, який базується на використанні визначених відношень газів, відсоткового вмісту газів та комплексу діагностичних критеріїв. Доведена перевага розробленого методу над існуючими шляхом виконання порівняльного аналізу достовірності розпізнавання типу дефектів з використанням наявних стандартів і методів з інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів, а також запропонованого методів.

У *четвертому* розділі представлено опис програмної реалізації розроблених методів розпізнавання типу дефектів електричного маслонаповненого обладнання у складі інформаційно-аналітичної системи «СИРЕНА». Представлено характеристику структури та функціональних модулів, а також організацію інформаційних потоків для розробленої системи «СИРЕНА», розробка якої здійснюється на кафедрі передачі електричної енергії НТУ«ХП», визначено окремі функції модулю «АРГ», в якому реалізовано розроблені методи розпізнавання типу дефектів маслонаповненого обладнання.

У *висновках* узагальнені основні наукові та практичні результати отримані при вирішенні поставленої задачі дослідження.

Перелік використаних джерел включає 146 найменувань, які досить широко охоплюють предметне поле дослідження, достатньою мірою відображає опрацювання здобувачем значної кількості вітчизняних та іноземних літературних джерел за темою виконаного наукового дослідження.

У додатках наведені основні результати дисертаційного дослідження та інформація щодо практичного впровадження результатів дисертації.

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

Дисертація 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 здобувача та результати дослідження викладені та опубліковані у 27 наукових працях, серед яких 8 статей у наукових фахових виданнях України, 4 статті в іноземних виданнях, що індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science. Основні положення та результати дисертаційної роботи доповідалися та обговорювалися на українських та закордонних конференціях різного рівня, де була проведена апробація запропонованих та розроблених ідей, що підтверджено 15 тезами доповідей та матеріалами конференцій, з яких 8 проіндексовані у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science.

8. Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи

1. У розділі 2 при виконанні аналізу значень діагностичних критеріїв для дефектів досліджуваних типів були сформовані таблиці додатку А, з яких не зрозуміло яким чином формувались окремі вибірки даних для дефектів кожного типу. Також з тексту дисертації не зрозуміло чи проводилась перевірка достатності обсягу сформованих вибірок даних для кожного з досліджуваних дефектів.

2. У розділі 2 при аналізі одержаних значень діагностичних критеріїв, наведених в таблицях додатку А, здобувач стверджує про істотну різницю між розрахованими величинами відсоткових вмістів аналізованих

газів для різних типів дефектів від газів з максимальним вмістом за показниками енергії розрядів та температури дефекту (стор. 36, 74). У той же час не зрозуміло як ці показники енергії розрядів та температури дефекту представлені в зазначених таблицях додатку А.

3. У розділі 2 роботи здобувач проаналізував значення достовірності розпізнавання дефектів різного типу з використанням норм і критеріїв, регламентованих різними стандартами і методами з інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів. Однак із тексту роботи не зрозуміло, який із аналізованих методів забезпечує найкращу достовірність розпізнавання.

4. У розділі 2 відсутній аналіз причин, які зумовили відмінності у вмісті газів в досліджуваному обладнанні з дефектами одного і того ж типу.

5. У розділі 3.2 не показано, чим запропонований графічний метод розпізнавання типу дефекту за значеннями відношень газів відрізняється від існуючих аналогів (графічний метод МЕК, квадрат ETRA та ін.)

6. У розділі 3.3 не показано чим запропонований аналітичний метод розпізнавання типу дефекту за відсотковим вмістом газів відрізняється від існуючих аналогів.

7. У підрозділі 3.4 здобувачем пропонується метод розпізнавання типу дефектів за комплексом діагностичних ознак. Особливістю методу є використання еталонних множин результатів аналізу розчинених у маслі газів обладнання з чітко встановленим діагнозом. Водночас у тексті дисертації не вказано, як розпізнати тип дефекту для обладнання з результатами АРГ, які не відповідають жодній з еталонних множин.

8. У тексті дисертаційної роботи зустрічаються друкарські, пунктуаційні та орфографічні помилки, але їх кількість є допустимою.

Зазначені недоліки не є принциповими і не впливають на загальне позитивне враження від роботи, не зменшують її якості, а також наукової цінності та практичної значущості одержаних в дисертації результатів.

9. Висновки

Дисертаційна робота Кулика О. С. є завершеною науково-дослідною роботою, яка містить науково-обґрунтовані результати, має наукову новизну та дає перспективи подальших досліджень. За своїм змістом дисертаційна робота відповідає галузі знань 14 – Електрична інженерія та спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Враховуючи актуальність теми, отримані наукові результати та практичну цінність вважаю, що дисертаційна робота Кулика Олексія Сергійовича «Підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів в обладнанні електричних систем за результатами аналізу розчинених в маслі газів» 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, Кулик Олексій Сергійович, заслуговує присудження йому наукового ступеня доктора філософії зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Рецензент – кандидат технічних наук, доцент,
професор кафедри передачі електричної енергії
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»

 Оксана ДОВГАЛЮК

Підпис о.у. Оксана Довгалоук
ЗАСВІДЧУЮ:
ВЧЕНИЙ СЕКРЕТАР
НАЦІОНАЛЬНОГО-ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"
"29" 01 2022

