

ВІДГУК

офіційного опонента

КРИВОНОСОВА Валерія Єгоровича

на дисертаційну роботу Кулика Олексія Сергійовича

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

представлену на здобуття наукового ступеня доктора філософії

за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Актуальність теми

Трансформатори є одними з найскладніших і відповідальніших видів електрообладнання електроенергетичних систем. Від їх надійного функціонування залежить робота інфраструктури будь-якої країни світу. На початку експлуатації трансформатори зазвичай проявляють високу надійність, оскільки всі їх компоненти ще нові та не піддалися значному зносу. Проте із плином часу всередині трансформаторів і автотрансформаторів відбуваються фізичні і хімічні процеси, які можуть призводити до зниження ефективності та надійності. Знос та старіння ізолюючих матеріалів, таких як масло та папір, може викликати перегрівання, знос та пробій ізоляції обмоток, підвищуючи ризик виникнення внутрішніх коротких замикань. Електричні розряди та інші дефекти всередині трансформатора можуть призводити до виділення різних газів, які можуть слугувати індикаторами роботи трансформатора та вказувати на можливі проблеми. З метою забезпечення тривалої ефективної роботи трансформаторів, необхідно вживати заходів щодо регулярного технічного обслуговування та моніторингу їх стану. Систематичний аналіз газів, розчинених у маслі, дозволяє вчасно виявляти потенційні проблеми та дефекти, що допомагає уникнути серйозних ушкоджень та забезпечує безперебійну роботу трансформаторів протягом тривалого періоду експлуатації.

Дисертаційне дослідження проводилося на кафедрі «Передача електричної енергії» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» відповідно до ініціативної науково-дослідної роботи «Удосконалення методів діагностики стану маслонаповненого високовольтного обладнання електричних мереж» (№ ДР 0121U109404, 2021–2022 рр.), у якій здобувач був

відповідальним виконавцем. Основні наукові результати дисертаційної роботи 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.), де здобувач є виконавцем окремих розділів.

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Положення та висновки, наведені в дисертаційній роботі Кулика Олексія Сергійовича, в достатній мірі обґрунтовані як з наукового, так і з технічного поглядів. Обґрунтованість отриманих у роботі наукових положень, висновків і рекомендацій базується на фундаментальних положеннях теорії технічної діагностики, зокрема методам розділення багатомірного діагностичного простору на декілька станів, метричним методам розпізнавання, техніки високих напруг, теорії ймовірності та математичної статистики, а також на аналітичних та чисельних методах аналізу і сучасних інформаційних технологіях.

Дослідження виконані з використанням прикладного програмного забезпечення, а також розроблених здобувачем програм. Результати досліджень підтверджують обґрунтованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі.

Достовірність результатів досліджень.

Достовірність теоретичних аспектів, проведених Сергієм Григоровичем Пономаренком, не лише обґрунтовано, але й підкріплено результатами, отриманими під час практичного застосування в робочих умовах. Ця взаємодія між теорією та практикою виражається у вагомості та практичній значущості розроблених методів та підходів. Наукові положення, висновки та рекомендації, представлені у дисертаційній роботі випробувані в реальних умовах. Цей підхід не лише віддзеркалює практичну застосованість вивчених концепцій. Є факт, що отримані наукові результати вже допомогли у вдосконаленні діагностики високовольтних

трансформаторів в енергетичній компанії "Харківобленерго". Практична експлуатація розроблених методик та технологій свідчить не лише про їхню теоретичну обґрунтованість, але і про високий ступінь їхньої ефективності у реальних умовах електроенергетичного виробництва.

До основних нових наукових результатів дисертації слід віднести наступне:

1 Отримав розвиток метод номограм, у якому відрізняється від новими 95 графічними областями, що відповідають дефектам різного типу та їх комбінаціям. Наведені номограми дозволяють більш ніж у 7 разів підвищити кількість дефектів, які можна розпізнати за допомогою методу номограм.

2 Вперше розроблено графічний метод для ідентифікації типу дефекту, використовуючи значення трьох відношень газів. Розроблений метод відрізняється від наявних аналогів тим, що дозволяє не лише виявляти електричні розряди, термічні дефекти та їх комбінації, а і також оцінювати енергію розрядів та температуру гарячої точки;

3 Запропоновано новий метод для визначення типу дефекту у маслонаповненому обладнанні, який використовує комплекс діагностичних критеріїв. Розроблений метод відрізняється від існуючих тим, що використовує порівняльний аналіз співпадіння результатів аналізу розчинених у маслі газів з діагностованого обладнання з результатами аналізу розчинених у маслі газів обладнання з чітко встановленим діагнозом. Цей підхід дозволяє ефективно розпізнавати 32 типи дефектів, у порівнянні з відомими стандартами та методами, які дозволяють визначити лише 4-13 типів дефектів.

4 Науково обґрунтовано діапазони значень відношень характерних газів, відсоткового вмісту газів і відношень газів до газу з максимальним вмістом для 32 типів дефектів та їх комбінацій.

Значимість отриманих результатів для науки і практичного використання.

Практична цінність полягає у використанні результатів досліджень:

1) Запропоновано методику класифікації стану маслонаповненого обладнання електричних систем і мереж в багатомірному діагностичному просторі,

яка використовується в науковій діяльності кафедри передачі електричної енергії Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» при дослідженні процесів старіння ізоляції високовольтного маслонаповненого обладнання;

2) Отримані діапазони значень відношень характерних газів, відсоткового вмісту газів і номограми дефектів використовуються як додаткові критерії для визначення типу дефектів за результатами аналізу розчинених у маслі газів у службі ізоляції та грозозахисту АТ «Харківобленерго»;

3) Розроблені методи розпізнавання типу дефектів маслонаповненого обладнання електричних систем і мереж за результатами аналізу розчинених у маслі газів, програмно реалізовані в вигляді окремих модулів інформаційно-аналітичної системи «СИРЕНА», яка на даний час розробляється на кафедрі «Передача електричної енергії» НТУ «ХПІ»;

4) Отримані в роботі результати використовуються у навчальному процесі на кафедрі «Передача електричної енергії» в освітніх компонентах: «Техніка високих напруг» і «Математичні основи технічної діагностики» за освітньою програмою «Електроенергетика», освітньою-науковими програмами «Електроенергетика» та «Комп'ютерні інформаційні технології цифрової трансформації енергетики» Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

Результати досліджень опубліковані у 27 роботах, серед яких: 8 статей у наукових фахових виданнях України, 4 статті у закордонних періодичних виданнях, які індексуються у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science, 15 тезисів та матеріалів конференцій, з яких 8 проіндексовані у міжнародних наукометричних базах даних Scopus та/або Web of Science. Усі публікації відповідають тематиці дисертації. Участь здобувача у роботах, що опубліковані у співавторстві зазначена у дисертаційній роботі.

Опубліковані матеріали повністю відображають зміст дисертації та відповідають вимогам пункту 8 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.

Оцінка змісту дисертаційної роботи

Дисертаційна робота Кулика Олексія Сергійовича складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел і 6 додатків.

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

У першому розділі виконано аналіз експлуатаційної надійності високовольтного маслонаповненого обладнання (в першу чергу силових трансформаторів) електричних систем та мереж. Проаналізовані основні причини та найбільш часті uszkodження високовольтних силових трансформаторів. Визначені основні дефекти, що виявляються у маслонаповненому обладнанні електричних систем та мереж за допомогою інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів. Проаналізовані методи та критерії, що використовуються для визначення типу дефектів високовольтного маслонаповненого обладнання за вмістом розчинених у маслі газів. Проаналізовані сучасні тенденції щодо удосконалення методів інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів. Проаналізовані основні проблеми, що виникають при оцінюванні стану високовольтного маслонаповненого обладнання за результатами аналізу розчинених у маслі газів.

У другому розділі проаналізовані значення діагностичних критерії у 3449 одиницях маслонаповненого обладнання електричних систем та мереж з дефектами різного типу, встановлено діапазони значень відношень характерних газів, відсоткового вмісту газів і відношень газів до газу з максимальним вмістом, побудовано 109 графічних областей (номограм дефектів), проведено порівняльний аналіз достовірності розпізнавання цих дефектів. За результатами виконаного порівняльного аналізу достовірності розпізнавання дефектів різного типу встановлено, що достовірність розпізнавання кожного з методів не є постійною, а варіюється залежно від типу дефекту, що не дає змоги розглядати той чи інший

метод як універсальний для розпізнавання дефектів різного типу.

У третьому розділі наведено опис розроблених нових методів розпізнавання типу дефектів у маслонаповненому обладнанні електричних систем та мереж за значеннями відношень газів, відсоткового вмісту газів та комплексом діагностичних критеріїв, проведено порівняльний аналіз достовірності розпізнавання типу дефектів з використанням розроблених методів та уже наявних стандартів і методів з інтерпретації результатів аналізу розчинених у маслі газів.

У четвертому розділі описана програмна реалізація розроблених методів розпізнавання типу дефектів в маслонаповненому обладнанні електричних систем та мереж за значеннями відношень газів, відсоткового вмісту газів та комплексом діагностичних критеріїв у складі інформаційно-аналітичної системи «СИРЕНА».

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

Список використаних джерел із 146 найменувань досить повний і включає вітчизняні та зарубіжні публікації.

Анотація відображає основний зміст дисертації та достатньо повно розкриває наукові результати та практичну цінність роботи.

Академічна доброчесність

Порушень академічної доброчесності в дисертації 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.

По дисертаційній роботі можна зробити наступні зауваження:

1. У першому розділі роботи здобувач детально проаналізував наявні методи, що використовуються для розпізнавання типу дефекту за результатами аналізу розчинених у маслі газів. У той же час механізми газоутворення при розвитку дефектів різного типу практично не розглянуті.

2. Отримані автором значення достовірності розпізнавання дефектів різного типу дещо відрізняються від аналогічних значень наведених у відкритих літературних джерелах. Однак у тексті ці розбіжності жодним чином не пояснені.

3. Якщо для всіх 3449 одиниць обладнання тип дефекту був відомий, то в чому полягала необхідність формування масивів з результатів аналізу розчинених у маслі газів з однорідними значеннями діагностичних критеріїв. Адже це тільки збільшує обсяг еталонних масивів і ускладнює процес розпізнавання.

4. Автор пропонує 3 методи для розв'язання однієї й тієї самої задачі, але водночас не зрозуміло, який із них забезпечує найбільшу достовірність розпізнавання та який тип дефекту слід прогнозувати, якщо під час використання цих 3 методів будуть поставлені різні діагнози.

5. Під час аналізу структури та матеріалу дисертаційної роботи виявлено деякі невеликі недоліки у її оформленні. Зокрема, можна відзначити дрібні друкарські, пунктуаційні та стилістичні неточності, які, за умови їх виправлення, сприятимуть кращому сприйняттю тексту.

При виявленні недоліків, важливо відзначити, що вони не впливають на загальну позитивну оцінку виконаної роботи. Дисертація заслуговує визнання за свою актуальність, високу наукову цінність та практичну значущість. Її тема є важливою та актуальною в сучасному науковому середовищі, а отримані результати вносять вагомий вклад у відповідну наукову галузь. Важливо враховувати, що в процесі наукової роботи можуть виникати дрібні недоліки, які не тільки є невід'ємною частиною дослідницького процесу, але і надають можливість для подальшого вдосконалення та розвитку наукового доробку. Отже, незважаючи на зазначені відхилення, дисертація має всі передумови для успішної захисту та визнання свого наукового внеску в відповідну галузь знань.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Кулика Олексія Сергійовича «Підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів в обладнанні електричних систем за результатами аналізу розчинених в маслі газів» за своїм змістом відповідає спеціальності 141 –

Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, яка полягає у покращенні експлуатаційної надійності високовольтного маслонаповненого обладнання електричних систем та мереж за рахунок підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів за результатами аналізу розчинених у маслі газів.

Подана дисертаційна робота Кулика Олексія Сергійовича «Підвищення достовірності розпізнавання типу дефектів в обладнанні електричних систем за результатами аналізу розчинених в маслі газів» 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 Кулик Олексій Сергійович заслуговує присудження наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка.

Офіційний опонент

Доктор технічних наук, професор

Професор кафедри інженерії енергосистем

Національного університету біоресурсів і

природокористування України



Валерій КРИВОНОСОВ



ПІДПИС ЗАСВІДЧУЮ

Начальник відділу кадрів

Підпис

С.ГРИЩЕНКО

29.01.2024 р.