

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу **Дідушка Олега Васильовича**
«Методи та засоби діагностування технічного стану вакуумних
вимикачів», подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи

Актуальність теми дисертациї

Ефективне електропостачання споживачів можливе лише у випадку надійної роботи усіх елементів електромережі, адже відмова комутаційного обладнання спричинює важкі аварійні ситуації та перерви електропостачання.

У мережах середнього класу напруги (до 35 кВ) вакуумні вимикачі є найбільш перспективним напрямком розвитку комутаційних апаратів. Від надійності функціонування вакуумних вимикачів залежить стійкість забезпечення електропостачання споживачів.

Актуальність теми дисертациї визначається необхідністю вирішення важливого завдання діагностування технічного стану вакуумних комутаційних апаратів за умови зростання ринкової вартості енергоносіїв та ціни відмови комутаційного обладнання як причини тривалих перерв електропостачання. Ця проблема набуває державної ваги для стратегічних промислових підприємств.

У зв'язку з необхідністю підвищення рівня надійності вакуумних вимикачів актуальною і своєчасною науково-прикладною задачею є удосконалення існуючих та розробка нових методів діагностування їх технічного стану.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами

Дисертаційна робота Дідушка О. В. виконана згідно із планом науково-дослідних робіт кафедри електромеханічних систем автоматизації в промисловості і на транспорті Вінницького національного технічного університету та у відповідності до наукового напрямку «Розробка математичних моделей процесів, що протікають в електричних та енергетичних системах, інформаційно-вимірювальних систем та систем автоматичного та автоматизованого керування цими процесами».

Необхідно відмітити, що дисертаційне дослідження пов'язане з кафедральною науково-дослідною темою № 29 КЗ «Діагностика, захист від аварійних режимів та методи експлуатації електрообладнання автоматизованих та автоматичних систем промислових підприємств і транспорту».

Ступінь обґрутованості наукових положень, висновків та рекомендацій, їх достовірність і новизна

Обґрутованість наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі є високою й базується на детальному аналізі інформаційних джерел за проблемою дисертаційних досліджень, чіткій постановці мети і задач дисертації, використанні сучасних методів дослідження, зіставленні і порівнянні отриманих дисертантом результатів з результатами інших дослідників, а також у якісному та аргументованому

формулюванні висновків. Достовірність результатів дисертаційних досліджень забезпечується коректністю постановок математичних задач, адекватним використанням методів і процедур, що базуються на фундаментальних положеннях математичного аналізу, теоретичної електротехніки і статистичної обробки інформації, теорії магнетизму, теорії термогазодинаміки, методу скінчених елементів та теорії ймовірностей.

Отримані висновки в дисертації коректні і повністю відповідають зазначенім задачам дослідження. Наукові положення, розроблені дисертантом, базуються виключно на використанні адекватних методів досліджень. Тому можна стверджувати, що приведені в дисертаційній роботі висновки і рекомендації щодо використання результатів досліджень достатньо обґрунтовані і відповідають дійсності.

Висновки, рекомендації та практичні рішення, наведені в роботі, варти уваги і можуть бути рекомендовані для використання під час розв'язання задач, пов'язаних з діагностуванням технічного стану вакуумних вимикачів.

Наукову новизну проблеми, що вивчається автором, можна оцінити відразу в декількох аспектах: методологічному, науковому та практичному.

Основні результати, які отримані автором в дисертаційній роботі, мають наукову новизну:

1. Дисертантом вперше розроблено математичну модель для діагностування технічного стану електромагнітного приводу вакуумного вимикача на основі порівняння еталонної вебер-амперної характеристики із фактичною та визначені коефіцієнта відхилення, що дозволяє оцінити поточний технічний стан електромагніту вимикача в процесі експлуатації.

2. Вперше розроблено математичну модель для визначення зносу контактної системи, який спричинений дуговими процесами та механічними перенапруженнями під час комутацій вакуумного вимикача, яка дозволяє визначити ступінь наближення технічного стану контактної системи вимикача до аварійного.

3. Автором удосконалено математичну модель для оцінки синхронної роботи контактної системи вакуумного вимикача, яка на відміну від існуючих, дозволяє розраховувати відхилення від допустимого значення часу ввімкнення вимикача та інформувати оперативний персонал щодо регулювання рухомих контактів вимикача відносно нерухомих з метою забезпечення синхронної роботи контактної системи.

Практична цінність і ефективність дисертаційної роботи полягає у новому вирішенні актуальної задачі діагностування технічного стану вакуумних вимикачів.

Розроблено алгоритм та пристрій для діагностування електромагнітного приводу вакуумного вимикача з розширеними функціональними можливостями, застосування якого дає змогу окремо діагностувати обмотки ввімкнення та вимкнення.

Розроблена структурна схема пристрою для діагностування електромагнітного приводу вакуумного вимикача, який забезпечує процес діагностування в процесі його роботи.

Запропоновано реалізацію пристрою визначення неузгодження одночасності ввімкнення полюсів вимикача із використанням ПЛІС Altera марки MAXII EMP570T100C5, що значно підвищило швидкодію пристрою та зменшило його габарити і енергоспоживання.

Також розроблено мікропроцесорний пристрій та алгоритм роботи, який з високою достовірністю дозволяє визначати знос контактної системи і може бути інтегрований у систему діагностування комутаційного обладнання.

Результати, що отримані в дисертаційній роботі, впроваджено в СО "ВВЕМ" ПАТ "Вінницяобленерго" та в навчальний процес Вінницького національного технічного університету, що підтверджено відповідними актами впровадження від 19.05.2020р та від 12.05.2020р.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності

Дисертація акуратно оформлена і складається із вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 144 найменувань і 5 додатків. Основний зміст викладений на 114 сторінках друкованого тексту, містить 42 рисунки і 7 таблиць. Загальний обсяг роботи – 148 сторінок. Матеріал дисертації викладено логічно і послідовно, стиль викладення доказовий.

У **вступі** наведено загальну характеристику роботи, обґрунтовано актуальність теми, визначено об'єкт та предмет дослідження, сформульовано мету і задачі дослідження, розкрито наукову новизну та практичну цінність отриманих результатів, подані відомості про апробацію дисертаційної роботи.

В **першому розділі** проведено аналіз стану діагностування комутаційних апаратів та розглянуто засоби діагностування приводів вимикачів та їх контактної системи. Визначено мету і задачі досліджень.

Другий розділ дисертації присвячений розробленню моделі діагностування технічного стану електромагнітного приводу на основі аналізу вебер-амперних характеристик, що дозволяє оцінити поточний технічний стан електромагніту.

Розроблено математичну модель діагностування технічного стану електромагнітного приводу на основі аналізу вебер-амперних характеристик, суть якої у порівнянні еталонної вебер-амперної характеристики із фактичною, що дає змогу оцінити фактичний технічний стан електромагніту вимикача шляхом зіставлення значення коефіцієнта відхилення із значеннями граничних коефіцієнтів.

Застосування запропонованої дисертантом математичної моделі системи виявлення зносу контактної системи вакуумного вимикача дозволяє завчасно виявляти та визначати рівень зносу контактної системи у процесі комутацій вакуумного вимикача. При ввімкненні знос силових контактів визначається порівнянням діючого тягового зусилля ввімкнення із загальною електродинамічною силою відкиду по усіх полюсах контактної системи. При вимкненні знос силових контактів визначається на основі порівняння діючого приводного тягового зусилля вимкнення із мінімально допустимим тяговим зусиллям для процесу вимкнення вакуумного вимикача.

Розроблена автором математична модель оцінки та налаштування синхронної роботи контактної системи вакуумного вимикача дозволяє

розраховувати відхилення від допустимого значення часу ввімкнення вимикача, а також формувати інформативні сигнали для оперативного персоналу щодо регулювання рухомих контактів кожного полюсу вимикача на зближення або віддалення відносно нерухомих контактів для забезпечення синхронної роботи контактної системи.

В третьому розділі основна увага приділена побудові алгоритмів та структурних схем пристройів для діагностування технічного стану вакуумних вимикачів на основі розроблених дисертантом математичних моделей діагностування, а також синтезу апаратно-програмного забезпечення діагностичних пристройів. Дисертантом розкрито переваги застосування ПЛІС базі мікросхеми Altera марки MAXII EMP570T100C5 у розробленому пристрої визначення неузгодження одночасності ввімкнення полюсів вимикача та використання середовища програмування Quartus II 15.0, що дало змогу суттєво підвищити швидкодію пристрою та зменшити його енергоспоживання і розміри.

Мікропроцесорний пристрій та алгоритм роботи системи виявлення зносу контактної системи вакуумного вимикача реалізовано дисертантом на сучасній елементній базі з використанням мікропроцесора CC3200 виробництва фірми Texas Instruments, що полегшило інтегрування пристрою у діагностичну систему вакуумного вимикача.

У четвертому розділі виконано моделювання системи діагностування технічного стану вакуумного вимикача.

Дисертантом розроблено комп'ютерну модель електромагнітного привода вакуумного вимикача ВР0-10-12,5/630 У2 в програмі FEMM та проведено розрахунок його магнітної системи. Отримані автором результати моделювання сили утримання якоря електромагніту підтверджують доцільність застосування запропонованого методу визначення магнітної характеристики обмоток вимикача.

З використанням пакету Matlab Simulink автор розробив комп'ютерну модель виявлення та попередження зносу контактної системи вакуумного вимикача, яка дозволяє при ввімкненні та вимкненні вимикача отримати сигнал про знос його головних контактів.

Автором проведено натурний експеримент із імітацією несправності вимикача ВР0-10-12,5/630 У2 для перевірки адекватності роботи запропонованого методу діагностування електромагнітного приводу вакуумного вимикача. Результати натурного експерименту підтверджуються моделюванням у програмі FEMM, а запропонований спосіб отримання вебер-амперної характеристики може бути використаний для діагностування електромагнітного приводу вакуумного вимикача на основі аналізу вебер-амперних характеристик обмоток електромагнітів увімкнення і вимкнення.

Дисертант виконав оцінку похибок помилок першого і другого роду при визначенні часу неодночасності комутації полюсів вимикача і розрахував середній ризик на основі вартості цін для відповідних помилок.

Повнота викладення результатів дисертаційної роботи у наукових виданнях та їх апробація

Результати досліджень за темою дисертації, наукові положення, результати і висновки дисертаційної роботи опубліковані в 8 друкованих працях, в тому числі 5 фахових статтях у наукових журналах, які входять до переліку ДАК України, з яких 3 статті входить до бібліографічної і реферативної бази даних Copernicus. Також опубліковано двоє тез доповідей за результатами виступів на міжнародних конференціях. За результатами дисертаційної роботи отримано один патент України на корисну модель.

Наведений перелік публікацій, їх зміст та обсяг відповідають темі дисертації, у повному обсязі відображають отримані положення, наукові результати та висновки, свідчать про їх новизну.

Автореферат дисертації повністю відображає основні положення дисертаційної роботи, відповідає її змісту та вимогам.

Висновок про відповідність дисертації паспорту спеціальності

У цілому зміст, структура й обсяг роботи відповідають вимогам що висуваються до кандидатських дисертацій. Зміст дисертації відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 – Електротехнічні комплекси та системи. Розділи дисертації логічно пов’язані з основною ідеєю роботи. Дисертаційна робота є завершеною науковою працею. Текст дисертації викладений технічно грамотною мовою. Оформлення дисертації загалом відповідає вимогам ДСТУ.

Зауваження щодо змісту дисертації

Аналіз виконаної дисертаційної роботи показує, що вона має певні недоліки:

1. Мета дисертаційної роботи сформульована некоректно, адже надійність вакуумних вимикачів фактично не розглядається. В дисертації не приведено статистичної інформації щодо відмов елементів вакуумних вимикачів, не зроблено кількісної та якісної оцінки причин відмов та показників надійності. Логічно було б сформулювати мету дисертаційних досліджень як підвищення достовірності визначення технічного стану вакуумних вимикачів шляхом вдосконалення методів і засобів діагностування електромагнітного приводу та контактної системи.

2. На сторінці 14 переліку умовних скорочень вказано що «технічний стан» скорочено позначається як «TX», однак в тексті дисертації таке позначення не зустрічається.

3. В першому розділі автор багато уваги приділяє огляду існуючих засобів діагностування для усіх типів комутаційного обладнання, а конкретно для вакуумних комутаційних апаратів недостатньо.

4. З тексту роботи не зрозуміло, чи формування направлених дій по вибору напрямку регулювання полюса вимикача згідно формул (2.34) та (2.35) здійснюється постійно, чи тільки у визначений час діагностування.

5. В дисертації нечітко вказано, для яких обмоток електромагніту вакуумного вимикача (увімкнення чи вимкнення) наведено розрахунок коефіцієнта відхилення K_B (формула (2.6)) та прийняття діагностичного висновку про поточний стан електромагніту (формула (2.7)).

6. В роботі не вказано, до яких видів технічного діагностування відносяться запропоновані автором методи діагностування.

7. У п. 3.2 «Пристрій діагностування електричного приводу вакуумного вимикача» не наведено кількісної оцінки ресурсу електромагніту увімкнення та не надано інформації про залежність ресурсу від часу або від кількості комутацій.

8. На рисунку 3.5 (сторінка 70) представлена структура пристрою, яким визначається допустиме відхилення положення рухомих контактів полюсів вимикача. На структурі відображено «від каналу полюса В» та «від каналу полюса С» із незрозумілим походженням цих сигналів.

9. У запропонованому алгоритмі на рисунку 3.10 (стор. 78) передбачається вимірювання і введення радіусів комутуючих контактів в кожному із полюсів А, В, С $r_{k.A}$, $r_{k.B}$, $r_{k.C}$. Однак яким чином це реалізовується, не вказано.

10. Пункт 3.6 «Мікропроцесорний пристрій для виявлення зносу контактної системи вакуумного вимикача» не містить інформації щодо технічних характеристик датчиків струму, напруги та швидкості руху контактної системи вимикача.

11. У п. 4.3 «Обробка експериментальних даних» не наведено електричну принципову схему експериментальної установки, не вказано типи і метрологічні характеристики засобів вимірювань та не описано інформаційно-вимірювальну систему.

12. При обробці експериментальних даних незрозуміло, яким чином визначалася оптимальна кількість точок для вимірювання електричних параметрів: «...для обмотки ввімкнення складає 2500 значень, для обмотки вимкнення 2700 значень».

13. В дисертації доцільно було б обґрунтувати вибір методу інтеграла тензора Максвела для розрахунку сили утримання якоря електромагніту за допомогою програми FEMM та порівняти результати моделювання із іншими варіантами які є доступні у даному програмному забезпеченні.

14. Недостатньо обґрунтованим є вибір моделі Майра в якості моделі електричної дуги під час комп’ютерного моделювання системи виявлення зносу контактної системи вакуумного вимикача. Доцільно було б розглянути можливість застосування моделі Кассі.

15. В дисертації не вказано параметри налаштувань моделі Майра в комп’ютерній моделі виявлення зносу контактної системи при увімкненні вакуумного вимикача.

16. В процесі викладення змісту дисертаційних досліджень допущено недотримання єдності термінів: на сторінках 23, 25, 26, 61, 62, 65 вжито термін «сенсор», а на сторінках 14, 22, 24, 27, 35, 38, 63, 65 – «датчик». Також вживаються «знос» (сторінки 19, 35, 45) і «зношення» (сторінки 5, 14, 27, 52, 59, 77, 94).

17. На сторінці 145 Додатку Д «Оцінка точності синтезованих пристрій за критерієм мінімального ризику» вказано, що обчислюється параметр x_n який означає початкове наближення для знаходження вологовмісту. Незрозуміло, для якого елементу вакуумного вимикача знаходиться вологовміст і навіщо.

Вказані зауваження не є принциповими, не зачіпають суті виконаних досліджень та не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи.

Загальний висновок

Висновки і практичні рекомендації побудовані на отриманих дисертантом даних є науково і практично обґрунтованими, базуються на високому рівні проведених досліджень, є науково виваженими, що дозволяє вирішити задачу діагностування технічного стану вакуумних вимикачів.

Дисертація Дідушка Олега Васильовича “Методи та засоби діагностування технічного стану вакуумних вимикачів” є завершеною самостійною науковою роботою, має наукову новизну і практичну цінність, висновки і рекомендації є обґрунтованими. Оформлення дисертаційної роботи відповідає встановленим вимогам.

Матеріал дисертації викладено послідовно, стиль викладення доказовий, чіткий і лаконічний. Висновки до кожного розділу і дисертації в цілому тісно пов’язані з її змістом і відображають суть виконаних досліджень. Публікації автора повністю висвітлюють наукові положення і результати наукових досліджень.

За темою і змістом дисертація відповідає спеціальності 05.09.03 – електротехнічні комплекси та системи і оформлена згідно з вимогами до оформлення дисертацій, затвердженими наказом МОНУ від 12.01.2017 року № 40. Текст автореферату відповідає змісту дисертації.

Таким чином дисертаційна робота відповідає вимогам пунктів 9,11,12 “Порядку присудження наукових ступенів”, а її автор Дідушок Олег Васильович заслуговує на присудження наукового ступеня кандидата технічних наук.

Кандидат технічних наук,
доцент кафедри електроенергетики,
електротехніки та електромеханіки
Івано-Франківського національного
технічного університету нафти і газу

I. V. Гладь

Вчений секретар Івано-Франківського
національного технічного університету
нафти і газу

B. P. Процюк

