

ВІДГУК
офіційного опонента
на дисертаційну роботу ТКАЧА Володимира Івановича
«Система ідентифікації місць однофазних замикань на землю
у повітряних електричних мережах з ізольованою нейтраллю»,
подану на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук
за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи

Актуальність теми дисертації.

Однофазні замикання на землю (ОЗЗ) є однією з найбільш частих причин відмови трифазних електротехнічних систем. При цьому слід зазначити, що нейтральна точка таких систем може мати різне виконання по відношенню до заземлення. Зокрема, досить часто на середніх напругах використовується трифазна система з ізольованою нейтральною точкою, що дозволяє системі функціонувати певний час і при ОЗЗ. Так працюють розподільчі електричні мережі енергосистем України. Але зрозуміло, що такий режим є аномальним, з підвищеними напругами та струмом в точці замикання, і тому повинен бути усунений для запобігання його переходу в аварійний і, як наслідок, до відмови системи.

При виникненні ОЗЗ в мережі з повітряними лініями (ПЛ) електропередачі пошук місця пошкодження під час експлуатації зазвичай виконується персоналом шляхом обходу повітряної лінії та її візуального огляду. Прилади, що існують на даний момент для визначення місця ОЗЗ, дозволяють, нажаль, визначати зону такого пошуку досить наближено. Тому враховуючи значну довжину ПЛ, пошук місця пошкодження може зайняти тривалий час. Але ОЗЗ в електричній мережі підвищує ймовірність утворення міжфазного короткого замикання (КЗ) та відключення електропостачання значній кількості електроспоживачів. Це, в свою чергу, призводить до збитків у споживачів та недовідпуску електроенергії оператором системи розподілу.

Тому подальше удосконалення методів визначення місця ОЗЗ, з метою підвищення точності визначення місця ушкодження та скорочення часу на його ліквідацію, є актуальною теоретичною та практичною задачею.

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

Актуальність обраної теми роботи підтверджується також тим, що дослідження проводились відповідно до пріоритетного напрямку розвитку науки та техніки України «Енергетика та енергоефективність» згідно з законом України №2623-III від 11.07.2001 року та в рамках роботи «Визначення місць однофазних замикань на землю в електричних мережах з ізольованою нейтраллю» (номер державної реєстрації 0118U006804).

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

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих в дисертаційній роботі, є високим та базується на достатньому порівняльному аналізі наукових джерел за даною теоретичною та практичною проблемою, правильній постановці мети і задач досліджень, збіжності результатів теоретичних розрахунків з експериментальними даними, коректним застосуванням методів математичного моделювання, теорії ймовірностей та математичної статистики, використанням реальних параметрів діючих систем розподілу електричної енергії, якісному формулюванню отриманих висновків.

Таким чином висновки, рекомендації та практичні рішення, наведені в роботі, обґрунтовані, заслуговують на увагу і можуть бути рекомендовані для використання.

Достовірність результатів досліджень

Достовірність підтверджується достатньою аргументованістю, кореляцією розроблених математичних моделей з експериментальними дослідженнями на прототипі пристрою ідентифікації однофазних замикань на землю в лабораторних умовах та в діючих електричних мережах оператора системи розподілу.

Наукова новизна отриманих результатів

В дисертації отримані такі результати, що мають наукову новизну:

- вперше запропоновано метод ідентифікації ОЗЗ за струмом витоку на землю в точці замикання, що на відміну від існуючих, ґрунтується на

ідентифікації факту зміни локальних параметрів режиму електротехнічної системи та дозволяє зменшити час пошуку місця пошкодження ізоляції і відповідно величину ймовірного недовідпуску електроенергії споживачам;

- отримала подальший розвиток математична модель для аналізу ОЗЗ в електротехнічній системі, що базується на методиці оцінки загального ефекту від підвищення надійності її функціонування та дозволяє виконати порівняльний аналіз існуючих та перспективних способів ідентифікації однофазного замикання на землю.

- вперше розроблено метод для визначення потужності, яку необхідно отримати від струму витoku в місці ОЗЗ, що дозволило визначити час необхідний системі для накопичення енергії і передачі інформації про пошкодження;

- Практичне значення отриманих результатів роботи:

1. Розроблені принципи технічної реалізації системи діагностики ПЛ з ізолюваною нейтраллю задля автоматизації контролю стану штирьової ізоляції опор.

2. Виконано проект і виготовлено прототип пристрою ідентифікації ОЗЗ для опор ПЛ зі штирьовою ізоляцією, що не потребує додаткового джерела живлення та дозволяє діагностувати пошкодження ізоляції на ранніх стадіях виникнення аварійного процесу.

Запропонована система ідентифікації може бути використана операторами систем розподілу, що експлуатують електротехнічні системи, задля поліпшення показників надійності електропостачання та зменшення недовідпуску електроенергії споживачам за рахунок зменшення часу усунення пошкодження.

Отримані в дисертаційній роботі результати впроваджено у ПрАТ «ДТЕК Київські регіональні електромережі» (м. Київ, Україна).

Результати дослідження використовуються також в навчальному процесі Національний університет «Чернігівська політехніка» Міністерства освіти і

науки України (м. Чернігів, Україна) для підготовки фахівців за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Оцінка змісту дисертації та її завершеності

Структура дисертації, послідовність викладення матеріалу та його обсяг відповідають встановленим вимогам. Назва теми дисертації відповідає її змісту. Дисертація написана в зрозумілій, доступній формі. Стиль викладення матеріалу логічний, основні положення достатньо аргументовані, в тому числі посиланнями на літературні джерела, дисертаційна робота є завершеною науковою працею.

Дисертаційна робота Ткача В.І. складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та двох додатків.

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження. Зазначено зв'язок роботи з науковими програмами та темами. Визначено об'єкт, предмет і методи дослідження. Наведено наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів, а також відомості про публікації та особистий вклад здобувача, впровадження, апробацію і структуру роботи. Обсяг та форма вступу відповідають загальноприйнятим вимогам до кандидатських дисертацій і є цілком достатніми для ознайомлення зі змістом положень, що виносяться автором на захист.

В першому розділі розглянуто вимог до сучасних мереж середньої напруги систем розподілу електроенергії та описано обладнання, що застосовується для виявлення та індикації наявності ОЗЗ. Виконано порівняльний аналіз наукових публікацій та патентів, що пов'язані з вирішенням вказаної проблеми. Зроблено висновок про те, що існуючі засоби та методи лише звужують зону пошуку до окремого відгалуження від магістралі повітряної лінії та не дозволяють визначити точне місце і тип пошкодження.

У другому розділі, зокрема, виконано статистичний аналіз впливу пошкоджень в різних елементах мережі 6-10кВ операторів систем розподілу на показники надійності електропостачання за ретроспективними даними відмов

за 2012-2017 роки по ПАТ «Чернігівобленерго». Встановлено, що найбільші значення недовідпуску електричної енергії споживачам спостерігалися саме через пошкодження фазної штирової ізоляції (46%) у результаті переходу однофазного замикання в міжфазне КЗ через значний час усунення пошкодження. Запропоновано інноваційний спосіб визначення місця однофазного замикання на землю в мережах з ізолюваною нейтраллю, який базується на ідентифікації струму замикання через штиркову ізоляцію на опорі повітряної лінії. Даний спосіб дозволяє суттєво зменшити час усунення пошкодження, що відповідно зменшує ймовірність утворення міжфазного КЗ та відключення мережі. Доведена можливість автономного живлення розробленого пристрою від порівняно малих струмів замикання при підключенні його без втручання в контур заземлення. Для цього запропонована автором аналітична математична модель трансформатора відбору потужності, за якою отримані вирази для знаходження діючого значення струму та напруги на виході трансформатора в залежності від конструктивних параметрів та навантаження.

У третьому розділі для визначення ефективності та доцільності застосування запропонованого методу ідентифікації місця ОЗЗ у існуючих електротехнічних системах розроблено метод аналізу показників надійності та ефективності, що враховує:

- недовідпуск електричної енергії споживачам;
- тривалість відновлення електропостачання;
- середню тривалість роботи мережі без ОЗЗ, яке може перейти у КЗ;
- індекси середньої частоти і тривалості перерв в електропостачанні.

Зроблено висновок, що у випадку використання в системі ідентифікатора, запропонованого автором, слід очікувати зменшення індексів середньої частоти довгих перерв в електропостачанні SAIFI та середньої тривалості довгих перерв в електропостачанні SAIDI на величину до 40%.

У четвертому розділі представлені результати фізичних експериментів в лабораторних та натурних умовах діючих систем розподілу електроенергії, а

також представлені та наведені пропозиції щодо інтеграції запропонованого пристрою в сучасні SmartGrid системи управління та моніторингу.

У загальних висновках сформульовані основні результати досліджень, які дозволяють оцінити внесок автора в розвиток систем діагностики стану ізоляції електротехнічних систем.

Повнота викладення результатів досліджень в опублікованих працях.

За результатами досліджень отримано 1 патент України на корисну модель, опубліковано 8 наукових праць, з яких 1 стаття у фаховому виданні України, віднесеного до категорії «А» та 3 статті у фахових виданнях України, віднесених до категорії «Б», 2 публікації включено до наукометричної бази даних «Scopus», 1 наукова праця опублікована у періодичному науковому виданні Європейського Союзу.

Аналіз робіт дозволяє зробити висновок, що в них в повному об'ємі опубліковані матеріали дисертації. В цілому, рівень і кількість публікацій та апробації матеріалів дисертації на конференціях повністю відповідають вимогам МОН України, зокрема, Наказу МОН України від 23.09.2019 №1220 «Про опублікування результатів дисертацій на здобуття наукових ступенів доктора і кандидата наук».

У **авторефераті** достатньо повно розкрито внесок дисертанта в даний науковий напрям, показані новизна розробок, теоретичні і практичні значення результатів проведених досліджень. Автореферат відповідає змісту роботи та документу «Основні вимоги до дисертацій та авторефератів дисертацій».

По змісту та оформленню дисертаційної роботи можна зробити наступні зауваження:

1. В першому та другому розділах є раніше відома надлишкова інформація, яку можна було б скоротити, замінивши посиланнями на доступні джерела. Варто було б за рахунок такого скорочення, більш детально розглянути роботу розробленого пристрою в системі Smartgrid.

2. Під час обробки статистичної інформації по однофазним замиканням на землю (п. 2.1 дисертації) не враховано те, що частина таких замикань може бути

викликана дією непереборної сили (форсмажорними обставинами) і такі замикання мали б бути виключеними з розгляду.

2. В дисертації на стор. 86 (абзац 1) сказано, що середня тривалість роботи мережі з однофазним замиканням на землю без переходу у міжфазне коротке замикання складає $1,07 \pm 0,32$ год. Проте, для протяжних або сильнорозгалужених мереж даного часу може виявитися недостатньо для прибуття обслуговуючого персоналу на місце пошкодження.

3. У авторефераті на стор.14 (абзаци 1-2) та дисертації на стор.105 сказано, що мінімально необхідне значення енергії для відправки повідомлення про пошкодження складає 9 Дж, а відповідна ємність іоністора – більше 3 Ф. Проте у дисертації наводиться схема прототипу пристрою (рис. 4.5), на якій зображені два іоністори з ємністю 2,7 Ф, які включені послідовно. Як відомо, при послідовному з'єднанні двох ємностей загальна ємність буде в два рази меншою – 1,35 Ф. Тому виникає протиріччя між теоретичним обґрунтуванням та практичною реалізацією.

4. Термін «інноваційний» має досить загальне значення, тому використання автором його в назві запропонованого ним методу не можна вважати вдалим, оскільки він фактично не вирізняє цей метод серед інших.

4. Як відомо повітряні електричні мережі 6-10кВ зазвичай проходять в сільській місцевості, де нестабільний або взагалі відсутній GSM зв'язок, що робить неможливим використання запропонованого в роботі ідентифікатора місця замикання. Слід б було розглянути альтернативні засоби передачі інформації.

6. У дисертації зустрічаються деякі стилістичні неточності, описки та «русизми»: «ізолюваною нейтралю» (стор.15), «стрілка приладу не зашкалює» (абзац 1, стор.31), «що визваний струмами» (стор.33), «розмагнічуючому струмі» (стор.64 та 66) , «продажу електроенергії» (абзац 1, стор.94; абзац 2, стор.98), «порогове значення» (останній абзац, стор.110) тощо.

Зазначені зауваження не мають принципового характеру та не ставлять під сумнів наукову новизну і достовірність одержаних результатів. Вони не впливають на загальну позитивну оцінку дисертаційної роботи Ткача В.І., її наукову новизну і практичну цінність.

Загальний висновок.

Дисертаційна робота **Ткача Володимира Івановича** «Система ідентифікації місць однофазних замикань на землю у повітряних електричних мережах з ізольованою нейтраллю» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи. Дисертація є завершеною науково-дослідницькою роботою, що виконана автором особисто, і в якій вирішено важливе науково-практичне завдання з створення методів та засобів підвищення надійності експлуатації електротехнічних систем. Робота поєднує високий теоретичний рівень з вагомою практичною цінністю.

Виходячи з актуальності теми, достатніх рівнів достовірності та наукової новизни результатів, теоретичного та практичного значень, повноти викладу в опублікованих працях, апробації основних положень, вважаю, що дисертаційна робота цілком відповідає вимогам п.п. 9, 11, 12 “Порядку присудження наукових ступенів”, затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24.07.2013 № 567, а її автор, **ТКАЧ Володимир Іванович**, заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.09.03 - електротехнічні комплекси та системи.

Офіційний опонент,


завідувач відділу оптимізації систем електропостачання

Інституту електродинаміки НАН України,

доктор технічних наук, ст. наук. співр.

10.09.2021

Підпис *Ю.І. Тугай* Засвідчую
 Начальник
 відділу *Крижанівський С.В.*



Ю.І.Тугай