

МЕТОДИ СТВОРЕННЯ НАВМИСНОГО КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ ЇХНІ ПРОБЛЕМИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі було проведено аналіз навмисно створених коротких замикань, пов'язаних з розрахунком струмів короткого замикання в електричних мережах

Ключові слова: навмисне коротке замикання, електроенергетична система, методи тестування, електроенергетика, релейний захист, перехідні процеси, безпека електроустановок, обмеження струмів коротких замикань, перехідні процеси.

Abstract

In this work, an analysis of intentionally created short circuits related to the calculation of short-circuit currents in electrical networks was conducted.

Keywords: intentional short circuit, power system, testing methods, electric power industry, relay protection, transient processes, electrical installation safety, limitation of short-circuit currents, transient processes

Вступ

Навмисне створення короткого замикання (КЗ) є важливим інструментом у сучасній електроенергетиці, що дозволяє вирішувати низку критичних завдань – від тестування обладнання до діагностики стану електричних мереж. Хоча коротке замикання традиційно розглядається як небезпечний аварійний режим, його контрольоване створення відіграє ключову роль у забезпеченні надійності та безпеки енергосистем. Актуальність дослідження методів навмисного КЗ зумовлена потребою у точному моделюванні аварійних ситуацій для перевірки роботи захистів, вимірювання параметрів мережі та проведення наукових експериментів. Водночас такі дії супроводжуються значними технічними ризиками – від пошкодження обладнання до неконтрольованих аварій, що вимагає ретельного аналізу наслідків і проблем, пов'язаних із їх застосуванням. Результати дослідження дозволять оптимізувати вибір методів для конкретних інженерних задач, забезпечивши мінімізацію потенційних ризиків при максимальній інформативності випробувань, що проводяться. Тому такі результати особливо актуальні в умовах функціонування сучасних енергосистем, де кожного дня вимоги до надійності й безпеки зростають в рази і дають нові виклики для їх покращення [1].

Результати дослідження

Навмисне створення короткого замикання (КЗ) є важливим інструментом у сучасній електроенергетиці, що дозволяє вирішувати низку критичних завдань – від тестування обладнання до діагностування стану електричних мереж. Хоча коротке замикання традиційно розглядається як небезпечний аварійний режим, його контрольоване створення відіграє ключову роль у забезпеченні надійності та безпеки енергосистем. Однак, цей процес супроводжується низкою проблем, які можуть впливати на точність та ефективність розрахунків.

Основним принципом навмисного короткого замикання є штучне створення електричного контакту між фазами або фазою та землею з метою імітації аварійного режиму. У низьковольтних мережах до 1000 В для цього часто використовують механічні методи, коли мідний електрод вручну або за допомогою спеціального пристрою підводять до оголених частин електроустановки. Такий підхід дозволяє перевірити швидкість спрацювання автоматичних вимикачів і запобіжників у реальних умовах.

У високовольтних системах понад 1 кВ застосовують більш складні методи. Одним із поширених рішень є використання схеми з шунтуючим реактором, де через ізольований перемикач і реактор певного опору створюють контрольоване однофазне замикання на землю. Такі випробування проводять

для перевірки селективності релейного захисту, при цьому всі операції виконують з використанням дистанційного керування через волоконно-оптичні кабелі для забезпечення безпеки персоналу.

На практиці методи навмисного короткого замикання знаходять застосування у різних задачах. Наприклад, під час тестування підстанцій 35 кВ вони дозволяють перевірити коректність налаштувань диференційного захисту, а на атомних електростанціях - оцінити готовність аварійних дизель-генераторів до роботи в екстремальних умовах. Кожен такий випадок вимагає ретельного планування й підготовки, щоб забезпечити як достовірність результатів, так і безпеку персоналу та обладнання.

У майбутньому розвиток цифрових технологій, зокрема штучного інтелекту, дозволить ще більш точно моделювати аварійні режими, зменшуючи необхідність у фізичних випробуваннях. Однак на сьогодні навмисне коротке замикання залишається важливим інструментом у арсеналі енергетиків, який поєднує в собі теоретичні знання з практичними навичками.

Однією з основних проблем є проблеми безпеки під час проведення навмисних коротких замикань. Кумулятивний ефект від багаторазових випробувань проявляється у прогресивній деградації ізоляційних матеріалів і механічних деформаціях струмоведучих елементів, що може призводити до передчасного виходу обладнання з ладу [2]. Існує також значний ризик неконтрольованого розвитку аварійної ситуації, особливо коли умови тестового замикання недостатньо точно відповідають реальним аварійним режимам. Захист персоналу під час високовольтних випробувань потребує спеціальних інженерних рішень, оскільки традиційні засоби індивідуального захисту часто виявляються недостатньо ефективними проти всіх видів небезпек, що виникають під час таких експериментів.

Нормативно-правові аспекти залишаються однією з найбільш проблемних сфер. Відсутність єдиних стандартів щодо кількості допустимих тестових коротких замикань для різних класів обладнання створює значні труднощі при плануванні випробувань. Існують також суттєві протиріччя між вимогами національних стандартів ДСТУ та міжнародних норм ІЕС, що ускладнює процедуру сертифікації обладнання [3]. Юридичний статус результатів тестування часто залишається невизначеним, особливо коли мова йде про використання нестандартних методик випробувань.

Метрологічні аспекти створюють додаткові проблеми при проведенні досліджень. Високошвидкісні перехідні процеси під час навмисних коротких замикань часто призводять до похибок вимірювання, що досягають 15-20%, особливо при реєстрації параметрів дугових замикань тривалістю менше однієї мілісекунди. [4]. Відсутність уніфікованих стандартних методів оцінювання результатів для нестандартних видів замикань додатково ускладнює інтерпретацію отриманих даних та порівняння результатів між різними лабораторіями.

Перспективи подальшого розвитку методики пов'язані з пошуком альтернативних підходів до тестування. Найбільш перспективними напрямками є розробка так званих "холодних" методів тестування, що базуються на ін'єкції струмів без реального фізичного замикання, а також активне використання цифрових двійників, які можуть замінити до 90% традиційних тестових сценаріїв. Створення адаптивних систем захисту нового покоління, що не потребують регулярних фізичних випробувань, відкриває нові можливості для підвищення надійності енергосистем при одночасному зниженні витрат [5].

Отже, незважаючи на всі існуючі проблеми, методика навмисних коротких замикань залишається незамінним інструментом для забезпечення надійності енергосистем. Її подальший розвиток має бути спрямований на пошук оптимального балансу між інформативністю тестувань, рівнем безпеки та економічною доцільністю. Інтеграція традиційних методів з сучасними цифровими технологіями відкриває нові перспективи для вдосконалення цієї важливої області електроенергетики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бартош А.І. Релейний захист енергосистем / Національний університет "Львівська політехніка". – 2020. – 328 с. URL: <https://lpnu.ua/press/books/relay-protection>
2. Методичні вказівки з випробувань релейного захисту НЕК "Укренерго", 2021 "Практичні методи створення КЗ для тестування захистів в українських мережах" https://ua.energy/upload/relay_protection_testing_guidelines.pdf
3. ДСТУ EN 60909-0:2019 "Струми короткого замикання в трифазних системах змінного струму. Частина 0. Методика розрахунку струмів". – Київ: ДП "УкрНДНЦ", 2019. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=100944
4. Костенко П.С. Перехідні процеси в електричних системах / Національний університет "Львівська політехніка". – 2018. – 542 с. URL: <https://lpnu.ua/publikaciya/perehidni-procesi-v-elektrychnyh-systemah>

5. Пантелеєва І.В. Оптимізація методів тестування захистів // Енергетика і електрифікація. - 2021. - №3. - С.45-52. DOI: <https://doi.org/10.32838/ee.2021.3.07>

Шевчук Денис Сергійович – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

Тептя Віра Володимирівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: teptyavira@gmail.com

Shevchuk Denys S. - student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine.

Teptia Vira V. - Cand. Sc. (Eng.), Associate Professor of the department of electric power stations and systems, Vinnitsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: teptyavira@gmail.com