

ОЦІНКА ВПЛИВУ ОБМЕЖУВАЧІВ ПЕРЕНАПРУГ НА ХАРАКТЕР ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ ОДНОФАЗНИХ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ У МЕРЕЖАХ 6-35 кВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто вплив обмежувачів перенапруг на перебіг перехідних процесів під час однофазних замикань у мережах 6–35 кВ. Встановлено особливості зміни напруги та струмів у присутності ОПН і показано їхній внесок у формування аварійного режиму.

Ключові слова: обмежувач перенапруг, перехідний процес, перенапруги, мережі 6–35 кВ.

Abstract

The paper investigates how surge arresters affect transient processes during single-line-to-ground faults in 6–35 kV networks. The influence of surge arrester characteristics on voltage and current behavior during the fault is identified.

Keywords: surge arrester, transient process, overvoltage, 6–35 kV networks..

Аналіз

У розподільних мережах середньої напруги більшість аварійних відмов спричинені однофазними замиканнями на землю (ОЗЗ), що супроводжуються значними перенапругами та складними перехідними процесами за ізолюваної чи компенсованої нейтралі [2]. Обмежувачі перенапруг є важливими пристроями для обмеження перенапруг та захисту обладнання, проте їхній вплив на параметри аварійних процесів при ОЗЗ досліджено недостатньо, зокрема у контексті взаємодії їхніх нелінійних характеристик із системою захисту й ізоляцією мереж [3].

Однофазне замикання на землю (ОЗЗ) створює різкі зміни струмів і напруг у мережах із ізолюваною або компенсованою нейтраллю, що пов'язано з ємнісними струмами ліній і низькими значеннями струмів короткого замикання. Це ускладнює селективне спрацювання захисту і підвищує ризик пошкодження ізоляції обладнання [4]. Перенапруги на непошкоджених фазах можуть досягати значень, близьких або перевищують номінальні, що створює підвищене навантаження на трансформатори, кабельні лінії та обладнання підстанцій.

Обмежувач перенапруг нелінійний (ОПН) – це пристрій з нелінійною вольт-амперною характеристикою, який залишається практично непровідним у нормальному режимі й переходить у провідний стан при перевищенні порогу напруги, забезпечуючи обмеження піків перенапруг [1, 3]. Під час ОЗЗ напруга на непошкоджених фазах може досягти рівня, при якому ОПН починає відводити струм, що створює додатковий шлях для перенапруг і змінює форму перехідного процесу. Цей процес характеризується швидким наростанням струму через ОПН та поступовим відведенням енергії, що значно знижує амплітуду перенапруги на фазах.

Моделювання показує, що ОПН найбільше впливають на початковий етап аварії, коли формується фронт перенапруг. Активна провідність ОПН сприяє зрізанню піку перенапруг і забезпечує більш рівномірний розподіл напруги по фазах. Проте одночасно зміна фазних напруг може впливати на алгоритми релейного захисту, які базуються на миттєвих значеннях фазних компонент [1]. Особливо це актуально для схем диференціального та струмового захисту, де точність спрацювання залежить від фазових співвідношень.

Важливим аспектом є вплив ОПН на дугові процеси. При тривалій витримці напруги вище порогу провідності дуга може частіше гаснути, а повторне її виникнення створює серії короточасних перенапруг. Це впливає на стан ізоляції обладнання та енергетичний ресурс ОПН [3]. Крім того, у мережах із ізолюваною нейтраллю ОПН допомагає зменшити енергію дугових перенапруг, що позитивно впливає на надійність системи.

Взаємодія ОПН із автоматичними схемами повторного ввімкнення та цифровими релейними захистами також потребує уваги: зміна напругових сигналів під впливом ОПН може вплинути на час розпізнавання аварійних подій та порядок спрацювання захисту, а також на вибір витримки часу для повторного ввімкнення [4]. Для коректного моделювання таких процесів необхідно враховувати

нелінійну ВАХ ОПН, вплив енергетичних характеристик пристрою на розподіл струмів та напруг, а також особливості конкретної мережі (ізолювана або компенсована нейтраль).

Додатково важливо відзначити, що ОПН не лише обмежують перенапругу, але й впливають на динаміку напруги під час відновлення мережі після аварії. Наявність ОПН дозволяє зменшити електромагнітні коливання, стабілізувати напругу та знизити ймовірність повторних пошкоджень ізоляції. У практичному проектуванні мереж 6–35 кВ це забезпечує підвищену надійність роботи обладнання та зменшення ризику аварійних відмов.

Розширене моделювання перехідних процесів із врахуванням ОПН дозволяє оптимізувати їх параметри та забезпечити узгоджену роботу системи захисту. Це включає вибір порогу спрацьовування, енергетичних характеристик, а також інтеграцію ОПН із релейними схемами і автоматичним повторним увімкненням для підвищення ефективності захисту та безпеки мережі.

Виходячи з цього, можемо зробити висновки, що обмежувачі перенапруг суттєво впливають на формування перехідних процесів у мережах 6–35 кВ за однофазних замикань на землю. Вони значно знижують максимальні перенапруги на непошкоджених фазах та змінюють часові й амплітудні параметри перехідних процесів завдяки своїй нелінійній характерній ВАХ. Провідність ОПН змінює співвідношення фазних параметрів, що слід враховувати при моделюванні аварійних режимів та виборі систем релейного захисту з автоматичним повторним увімкненням. Подібні дослідження можуть бути корисні для проектування, моделювання та експлуатації розподільних мереж 6–35 кВ з підвищеною надійністю та оптимізованою роботою обладнання захисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Shevchenko, S., Khlomko, S., & Berchuk, O. (2017). Influence of energy characteristics of surge arresters on their selection. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 4(8 (88)), 48–55. URL: <https://journals.urau.ua/eejet/article/view/108567>
2. Романовський В. І., Лебедка С. М. Аналіз замикань на землю в мережах 6 кВ для вибору оптимального способу заземлення нейтралі / Вісник Вінницького національного технічного університету. №2(120), 2019. С. 78–85. URL: <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/download/1165/1163/1163>
3. Троценко, Є. О., Бржезицький, В. О., & Маслюченко, І. М. (2016). Surge arrester modeling using Micro-Cap. Technology Audit and Production Reserves, 6(1(32)), 26–30. <https://doi.org/10.15587/2312-8372.2016.86137>
4. Баран П. М., Петренко І. О., Ковальчук А. В. Автоматичне повторне увімкнення у мережі з ізолюваною нейтраллю за однофазного замикання на землю / Видавництво Львівської політехніки, 2018. С. 35–42. URL: <https://ena.lpnu.ua/items/2c4ffe7d-a89d-4880-bf28-44f47dfc0f52>

Шестаковський Олександр Геннадійович – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, група ІЕСМ-226, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: shestakovskiysasha@gmail.com

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

Shestakovskiy Oleksandr Hennadiiovych – student, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, group 1ESM-226, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: shestakovskiysasha@gmail.com

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