

ВПЛИВ РЕЖИМУ ЗАЗЕМЛЕННЯ НЕЙТРАЛІ НА ЕКСПЛУАТАЦІЙНУ НАДІЙНІСТЬ ІЗОЛЯЦІЇ КАБЕЛЬНИХ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ НАПРУГОЮ 6–10 кВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Розглянуто вплив різних режимів заземлення нейтралі на експлуатаційну надійність ізоляції кабельних розподільчих мереж напругою 6–10 кВ. Виконано аналіз однофазних замикань на землю та їх впливу на процеси старіння кабельної ізоляції. Проведено розрахунок ємнісних параметрів досліджуваної кабельної мережі та визначено величину струму однофазного замикання на землю. Встановлено найбільш ефективні режими заземлення нейтралі з точки зору обмеження перенапруг, підвищення ресурсу ізоляції та забезпечення надійної роботи релейного захисту.

Ключові слова: кабельна мережа, ізоляція, заземлення нейтралі, однофазне замикання на землю, перенапруга, релейний захист, XLPE-кабель.

Abstract

The influence of various neutral grounding modes on the operational reliability of insulation in 6–10 kV cable distribution networks is considered. Single-phase-to-ground faults and their impact on cable insulation aging are analyzed. The capacitive parameters of the investigated cable network and the value of ground-fault current are determined. The most effective neutral grounding modes in terms of overvoltage limitation, insulation lifetime improvement, and relay protection performance are identified.

Keywords: cable network, insulation, neutral grounding, single-phase-to-ground fault, overvoltage, relay protection, XLPE cable.

Вступ

Сучасні розподільчі мережі промислових підприємств та міських електричних мереж напругою 6–10 кВ характеризуються постійним збільшенням частки кабельних ліній. Застосування кабелів із паперово-масляною та поліетиленовою ізоляцією дозволяє підвищити надійність електропостачання, однак водночас зростає сумарна ємність мережі відносно землі, що призводить до збільшення струмів однофазних замикань на землю (ОЗЗ) [1, 2]. У таких умовах режим заземлення нейтралі суттєво впливає на рівень перенапруг, ефективність роботи релейного захисту та швидкість старіння ізоляції кабельних ліній [1–3].

Особливістю кабельних мереж є те, що пошкодження ізоляції здебільшого мають стійкий характер і не самоліквідуються, як у повітряних мережах. Тому вибір оптимального режиму заземлення нейтралі є одним із основних чинників забезпечення довговічності ізоляції та надійності електропостачання споживачів.

Результати досліджень

Для оцінювання впливу режиму нейтралі на технічний стан ізоляції виконано дослідження кабельної мережі напругою 10 кВ. Розрахунки показали, що сумарний ємнісний струм замикання на землю для досліджуваної кабельної мережі становить близько 35 А. Таке значення перевищує допустимий рівень для мереж з ізольованою нейтраллю, тому виникає необхідність застосування компенсації ємнісного струму або резистивного заземлення нейтралі.

Під час ОЗЗ в кабельних мережах з ізольованою нейтраллю напруга непошкоджених фаз може підвищуватися до лінійної, а при дугових замиканнях виникають перенапруги, що досягають 2,5–3,5 фазної напруги [1, 4]. Такі режими суттєво прискорюють старіння ізоляції та збільшують ймовірність виникнення повторних пробів.

Виконаний аналіз показав, що застосування дугогасильного реактора дозволяє істотно зменшити струм замикання на землю, проте для кабельних мереж ефективність такого рішення обмежена, оскільки пошкодження кабельної ізоляції не мають властивості самовідновлення. У результаті дефект залишається в мережі навіть після компенсації струму замикання.

Найбільш перспективним рішенням для кабельних мереж є резистивне або комбіноване заземлення нейтралі. Резистор забезпечує формування достатнього активного струму замикання на землю для на-

дійного функціонування сучасних мікропроцесорних захистів та одночасно обмежує рівень перенапруг. Комбіноване заземлення нейтралі, яке поєднує дугогасильний реактор і високоомний резистор, дозволяє зменшити перенапруги до рівня 1,2–1,5 фазної напруги та підвищити ресурс сучасних кабелів з ізоляцією із зшитого поліетилену до 35–40 років.

Порівняльну оцінку впливу різних режимів заземлення нейтралі на роботу кабельних мереж наведено в таблиці 1 [1, 2, 4, 5].

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика режимів заземлення нейтралі для кабельних мереж 6–10 кВ

Режим нейтралі	Струм ОЗЗ	Рівень перенапруг	Ефективність РЗ, %	Розрахунковий ресурс XLPE-ізоляції, років
Ізольована	До 35 А	До 3,5 Уф	60–70	15–20
Компенсована (ДГР)	1–10 А	1,8–2,2 Уф	80–90	25–30
Високоомна резистивна	5–20 А	1,4–1,8 Уф	90–95	30–35
Низькоомна резистивна	50–500 А	1,2–1,4 Уф	95–98	35–40
Комбінована (ДГР + R)	10–50 А	1,2–1,5 Уф	97–99	35–40

Як видно з таблиці 1, використання ізольованої нейтралі супроводжується найбільшим рівнем перенапруг, тоді як резистивне та комбіноване заземлення забезпечують найбільш сприятливі умови для роботи ізоляції та релейного захисту.

Отримані результати свідчать про те, що для сучасних кабельних мереж визначальним фактором є не лише обмеження струму замикання на землю, а й зменшення перенапруг, які безпосередньо впливають на процес старіння ізоляції кабельних ліній.

Висновки

Проведені дослідження підтвердили суттєвий вплив режиму заземлення нейтралі на експлуатаційну надійність ізоляції кабельних розподільчих мереж напругою 6–10 кВ. Встановлено, що для досліджуваної мережі ємнісний струм замикання на землю становить близько 35 А, що перевищує допустимі значення для ізольованої нейтралі. Показано, що використання ізольованої нейтралі супроводжується виникненням небезпечних перенапруг та прискореним старінням кабельної ізоляції. Найбільш ефективними режимами для кабельних мереж є низькоомне резистивне та комбіноване заземлення нейтралі, які забезпечують обмеження перенапруг, надійну роботу релейного захисту та збільшення терміну служби кабелів з XLPE-ізоляцією до 35–40 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кутін В. М., Луцяк В. В. Методи та засоби захисту розподільних мереж від однофазних замикань на землю. – Вінниця : ВНТУ, 2011. – 160 с.
2. Безручко В. М. Однофазні замикання на землю в мережах 6–35 кВ. – Київ : Техніка, 2016. – 248 с.
3. Правила улаштування електроустановок. – Харків : Форт, 2017. – 760 с.
4. IEEE Std 142-2007. IEEE Recommended Practice for Grounding of Industrial and Commercial Power Systems (Green Book). – New York : IEEE Standards Association, 2007. – 225 p.
5. IEEE Std C62.92.6-2020 (Revision of IEEE Std C62.92.6-2017). IEEE Guide for the Application of Neutral Grounding in Electrical Power Systems, Part VI – Subtransmission and Distribution Systems. – New York : IEEE, 2021. – 53 p. – DOI: 10.1109/IEEESTD.2021.9303506.

Кутіна Марина Василівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету, e-mail: mkytina@gmail.com.

Гуцалюк Антон Сергійович – студент групи ЕЕ-226 кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту Вінницького національного технічного університету.