

АНАЛІЗ СТРУМІВ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ В МЕРЕЖАХ 6-10кВ ПІД ЧАС РЕКОНСТРУКЦІЇ ПІДСТАНЦІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У даному дослідженні розглянуто методи розрахунку струмів короткого замикання в мережах 6–10 кВ під час реконструкції електропідстанцій. Показано вплив зміни параметрів обладнання на величину струмів КЗ та роль сучасних програмних комплексів у забезпеченні безпечної експлуатації мережі.

Ключові слова: струми короткого замикання, реконструкція підстанцій, електричні мережі 6–10 кВ, релейний захист, стійкість системи.

Abstract

This study examines methods for calculating short-circuit currents in 6–10 kV networks during the reconstruction of electrical substations. The impact of changing equipment parameters on the magnitude of short-circuit currents and the role of modern software complexes in ensuring safe network operation are shown.

Keywords: short-circuit currents, substation reconstruction, 6–10 kV networks, relay protection, system stability.

Вступ

Модернізація електропідстанцій 6–10 кВ є пріоритетним напрямком розвитку електроенергетичних систем, спрямованим на підвищення безпеки, надійності та енергоефективності енергопостачання [1]. Процеси оновлення, як правило, включають заміну силових трансформаторів, комутаційних апаратів, шинопроводів та кабельних ліній, що неминує змінює електричні характеристики всієї мережі. Одним із найбільш відповідальних завдань у цьому контексті є розрахунок та всебічний аналіз струмів короткого замикання (КЗ). Ці показники є ключовими для коректного вибору захисної та комутаційної апаратури, налаштування релейного захисту та оцінки динамічної і термічної стійкості всього обладнання [2].

Результат дослідження

Величина струмів КЗ обумовлена цілою низкою факторів, серед яких визначальними є номінальні характеристики трансформаторів (потужність, внутрішній опір), конфігурація енергомережі (схеми з'єднань шин, кількість секцій, наявність резервних ліній), геометрія та опір кабелів, а також параметри джерел живлення [3]. Роботи з реконструкції часто передбачають зміну схем приєднання трансформаторів і ліній, що може суттєво модифікувати як максимальні, так і мінімальні рівні струмів короткого замикання в різних вузлах системи.

Як правило, трифазні КЗ генерують найбільші струми, що безпосередньо впливає на вибір номіналів вимикачів та основних захисних пристроїв. Натомість, однофазні та двофазні КЗ є більш поширеними на відгалуженнях і є вирішальними для коректної роботи селективних реле. Для адекватної оцінки навантажень необхідно обов'язково враховувати аперіодичну складову струму КЗ, оскільки саме вона формує пікові динамічні навантаження, здатні викликати електродинамічні пошкодження обладнання [2].

Визначення струмів КЗ виконується як аналітичними підходами (за допомогою класичних розрахункових формул), так і з використанням сучасних високоточних програмних комплексів (зокрема, таких як ДАКАР, ЕТАР, DigSILENT PowerFactory). Застосування програмних моделей дозволяє врахувати нелінійні характеристики трансформаторів, варіативність опорів ліній та вплив розподіленої генерації енергії (ВДЕ). Ці інструменти забезпечують можливість моделювання аварійних ситуацій у різних режимах, дозволяючи оперативно оцінити, як реконструкція вплине на рівень струмів КЗ по всій мережі. Практичний досвід свідчить, що встановлення трансформатора з більшою номінальною потужністю може призвести до зростання струмів КЗ на 10–30% (залежно від конфігурації), що вима-

гає обов'язкової перевірки термічної стійкості наявного обладнання та коригування параметрів релейного захисту [3].

Мережі з номінальною напругою 6–10 кВ є найбільш схильними до виникнення коротких замикань через значну щільність абонентів, а також фізичне старіння кабельних систем. До основних причин аварій відносять дефекти ізоляції, корозійні процеси, вплив вологості та погіршення якості контактних з'єднань [2]. Для забезпечення захисту використовуються автоматичні вимикачі та плавкі запобіжники з достатньою термічною і динамічною стійкістю, а також селективні релейні системи [1]. Ґрунтовний аналіз КЗ дає змогу оптимізувати налаштування захисту, передбачити встановлення обмежувачів струму та скоригувати розташування шинних секцій, мінімізуючи вплив аварій на інші ділянки системи. Додатково, критично важливо враховувати короткочасну та тривалу термічну дію струмів, щоб запобігти деградації матеріалів і руйнуванню комутаційних апаратів.

З метою гарантування безпечної експлуатації після реконструкції необхідно обов'язково порівнювати прогнозовані (розрахункові) струми КЗ з допустимими показниками термічної стійкості обладнання [3]. У разі перевищення розрахункових значень проектні рішення мають включати заміну апаратури на більш стійку або впровадження обмежувальних засобів (наприклад, струмообмежувальних реакторів, автоматичних вимикачів чи спеціальних обмежувачів струму) [1]. Також беруться до уваги особливості функціонування мережі під час пікових навантажень та в умовах аварій, щоб запобігти знеструмленню критично важливих споживачів. Використання програмного забезпечення дозволяє здійснити динамічне моделювання коротких замикань у всіх можливих режимах, оцінюючи як пікові, так і усталені (стійкі) значення струмів.

Таким чином, аналіз режимів короткого замикання є найважливішою фазою реконструкції підстанцій 6–10 кВ, яка безпосередньо визначає надійність та безпеку подальшої роботи об'єкта. Сучасні цифрові моделі та спеціалізовані програмні інструменти дозволяють точно оцінити вплив усіх технічних змін, підвищуючи надійність системи та забезпечуючи її відповідність галузевим стандартам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Пантелєєва І. В. Проблема координації рівнів струмів короткого замикання в енергосистемах / Вчені записки ТНУ ім. В. І. Вернадського. Серія: Технічні науки, енергетика. Том 31 (70) Ч. 2, № 1, 2020. С. 34–39. DOI <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2020.1-2/07>
2. Рубаненко О. О., Белік М., Віштак І. Дослідження двофазних коротких замикань на землю в мережах 10 кВ із ізолюваним нульовим проводом / *матеріали досліджень* (2024) — з аналізом подвійних замикань у мережах 6–35 кВ з ВДЕ <https://naos-be.zcu.cz/server/api/core/bitstreams/138fc426-d1fd-4fe4-a7bd-17f90ffa20/content>.
3. ДСТУ ІЕС 60909-0:2007 СТРУМИ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ У ТРИФАЗНИХ СИСТЕМАХ ЗМІННОГО СТРУМУ https://www.ksv.biz.ua/GOST/DSTY_ALL/DSTU5/dstu_ies_60909-0-2007.pdf

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, факультет електроенергетики та електромеханіки, 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.), Assistant Professor of the Department of Electrical Power Plants and Systems, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, Vinnitsia National Technical University, Vinnitsia, e-mail: teptyavira@gmail.com