

ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ КОРОТКИХ ЗАМИКАНЬ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ ТА ЕЛЕКТРООБЛАДНАННІ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто основні причини виникнення коротких замикань в електричних мережах та електрообладнанні. Проаналізовано їхній вплив на режими роботи систем електропостачання, технічний стан обладнання, надійність електропостачання та безпеку персоналу. Показано, що короткі замикання супроводжуються різким зростанням струму, термічною та електродинамічною дією на елементи мережі, а також можуть спричиняти пожежі, аварійні відключення та вихід обладнання з ладу. Особливу увагу приділено заходам запобігання коротким замиканням, зокрема правильному вибору обладнання, застосуванню релейного захисту, дотриманню вимог нормативних документів і належній експлуатації електроустановок.

Ключові слова: *коротке замикання, аварійний режим, струм КЗ, термічна дія, електродинамічна дія, релейний захист.*

Abstract

The paper considers the main causes of short circuits in electrical networks and electrical equipment. Their influence on operating modes of power supply systems, equipment condition, reliability of electricity supply and personnel safety is analyzed. It is shown that short circuits are accompanied by a sharp increase in current, thermal and electrodynamic effects on network elements, and may cause fires, emergency shutdowns and equipment failure. Particular attention is paid to measures for preventing short circuits, including proper equipment selection, relay protection, compliance with regulations and proper operation of electrical installations.

Keywords: *short circuit, fault current, thermal effect, electrodynamic effect, relay protection.*

Дослідження

Короткі замикання належать до найнебезпечніших аварійних режимів в електричних мережах та електрообладнанні. Їх виникнення супроводжується різким збільшенням струму, суттєвим зниженням напруги в окремих вузлах мережі, інтенсивним нагріванням струмопровідних частин та появою значних механічних зусиль. У системах електропостачання такі процеси розглядаються як перехідні режими, що здатні істотно впливати на стійкість роботи мережі та стан її елементів [1].

Актуальність теми зумовлена тим, що короткі замикання виникають як у магістральних і розподільчих мережах, так і в електрообладнанні промислових підприємств, транспортної інфраструктури та побутових електроустановках. Наслідки таких аварій проявляються не лише у відключенні споживачів, а й у пошкодженні трансформаторів, кабелів, електродвигунів, комутаційної апаратури та систем керування. Саме тому дослідження причин коротких замикань і засобів мінімізації їх наслідків має велике практичне значення.

Причини виникнення коротких замикань

Під коротким замиканням розуміють аварійне з'єднання точок електричного кола з різними потенціалами через дуже малий опір. У результаті цього струм у колі різко зростає й у багато разів перевищує номінальні значення. До найтипівіших причин коротких замикань належать пошкодження ізоляції, старіння матеріалів, зволоження, забруднення, дія перенапруг, механічні пошкодження кабельних ліній, ослаблення контактних з'єднань та помилки під час монтажу або експлуатації.

Особливо небезпечними є пошкодження в лініях електропередач, зокрема на ділянках з відгалуженнями, де локалізація аварії ускладнюється конфігурацією мережі. У таких випадках важливе

значення має правильне визначення місця пошкодження, оскільки від цього залежить швидкість ліквідації аварії та відновлення електропостачання споживачів [2].

Виникненню коротких замикань також сприяють перевантаження електрообладнання, робота в ненормальних режимах, використання зношених кабелів і апаратів, а також недостатній контроль технічного стану електроустановок. На практиці досить часто аварія є наслідком не однієї причини, а їх поєднання: наприклад, старіння ізоляції разом із перегрівом контактів або механічне пошкодження кабелю разом із підвищеною вологістю.

Наслідки коротких замикань для електричних мереж і обладнання

Основним фізичним наслідком короткого замикання є поява великих струмів, які створюють значну термічну та електродинамічну дію на струмопровідні частини. Термічна дія проявляється в нагріванні провідників, кабельних жил, контактів, шин та обмоток електричних машин і трансформаторів. Якщо тривалість аварійного режиму перевищує допустимий час, це може призвести до руйнування ізоляції, оплавлення контактів, пошкодження кабельних муфт і повного виходу обладнання з ладу.

Електродинамічна дія короткого замикання проявляється у виникненні значних механічних зусиль між провідниками. Такі зусилля здатні деформувати шини, послаблювати кріплення, пошкоджувати обмотки трансформаторів і спричиняти додаткові механічні руйнування. Усе це погіршує технічний стан обладнання навіть у тому випадку, коли аварія була ліквідована за відносно короткий час [1].

Крім безпосереднього пошкодження обладнання, короткі замикання викликають провали напруги, порушення нормального режиму електропостачання та аварійні відключення споживачів. Для промислових об'єктів це означає зупинку технологічних процесів, зниження продуктивності, втрати сировини та додаткові витрати на ремонт. В енергосистемі загалом коротке замикання може стати причиною розвитку більш складних аварійних ситуацій, якщо пошкоджена ділянка не буде швидко відключена.

Роль релейного захисту та автоматики

Одним із головних засобів обмеження наслідків коротких замикань є релейний захист і автоматика. Її основне завдання полягає у швидкому виявленні аварійного режиму, визначенні пошкодженої ділянки та її селективному відключенні. Чим менший час існування короткого замикання, тим меншими будуть термічні та механічні пошкодження елементів мережі [3].

Сучасні системи релейного захисту дають змогу не лише відключати пошкоджену ділянку, а й забезпечувати автоматичне повторне вмикання, резервування відмови вимикача, а також підвищення надійності електропостачання. Особливо важливим це є для розгалужених мереж, де короткі замикання повинні локалізуватися без поширення аварії на суміжні ділянки. Отже, наявність правильно налаштованого та технічно справного релейного захисту безпосередньо впливає на безпеку й економічність роботи електричних мереж [3].

Вимоги до електроустановок і безпечної експлуатації

Запобігання коротким замиканням починається ще на етапі проектування електроустановок. Необхідно правильно обирати перерізи провідників, апарати захисту, ізоляційні матеріали, схеми заземлення, способи прокладання кабельних ліній та комутаційну апаратуру. Вимоги до побудови та улаштування електроустановок, зокрема щодо безпеки, надійності та правильного вибору елементів мережі, визначаються правилами улаштування електроустановок [4].

Не менш важливим є етап експлуатації. Навіть правильно спроектована система може стати аварійно небезпечною, якщо не здійснюються регулярні огляди, вимірювання опору ізоляції, профілактичні випробування, перевірка контактних з'єднань і контроль стану захисних пристроїв. Вимоги до технічної експлуатації електроустановок споживачів передбачають систематичний контроль технічного стану обладнання, проведення ремонтів, інструктаж персоналу та дотримання безпечних режимів роботи [5].

Наслідки коротких замикань для людей і пожежна небезпека

Коротке замикання є небезпечним не лише для обладнання, а й для людини. У зоні аварії може виникнути електрична дуга, яка супроводжується дуже високою температурою, яскравим випромінюванням, розбризкуванням розплавленого металу та ударною дією. Це створює ризик опіків, травмування персоналу та ураження електричним струмом. Крім того, перегрів провідників і кабелів,

іскріння та руйнування ізоляції можуть спричинити займання кабельних трас, щитового обладнання або суміжних конструкцій.

Особливо небезпечними є випадки, коли коротке замикання виникає в умовах підвищеної запиленості, вологості або на об'єктах із горючими матеріалами. Саме тому профілактика таких аварій повинна поєднувати технічні, організаційні та протипожежні заходи: контроль стану мережі, утримання обладнання в належному стані, дотримання правил експлуатації, своєчасну заміну зношених елементів і належну підготовку персоналу [4], [5].

Короткі замикання є одним із найнебезпечніших аварійних режимів в електричних мережах та електрообладнанні. Основними причинами їх виникнення є пошкодження ізоляції, старіння обладнання, механічні ушкодження ліній, перевантаження, помилки персоналу та порушення вимог експлуатації. Наслідки коротких замикань проявляються у термічному та механічному пошкодженні елементів мережі, провалах напруги, відключенні споживачів, пожежах і загрозі для життя людей.

Для зменшення ризику коротких замикань необхідно поєднувати правильне проєктування електроустановок, застосування ефективного релейного захисту, регулярну діагностику, технічне обслуговування й суворе дотримання вимог нормативних документів. Лише комплексний підхід дає змогу підвищити надійність електропостачання, зберегти працездатність обладнання та забезпечити безпечні умови експлуатації електричних установок.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г. Г., Жежеленко І. В., Папайка Ю. А., Несен Л. І. Перехідні процеси в системах електропостачання: підручник для ВНЗ / за ред. Г. Г. Півняка. 5-те вид., доопрац. та допов. Дніпро : НГУ, 2016. 600 с. URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Pivnyak_2016_600.pdf
2. Баран П. М., Кидиба В. П., Равлик О. М., Чорний Н. І. Визначення місця пошкодження на лініях з відгалуженнями // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». 2006. № 563. С. 10–13. URL: <https://ena.lpnu.ua/bitstreams/f026a5ea-6cef-4319-82ef-8381422260f2/download>
3. Панченко С. В., Блиндюк В. С., Баженов В. М., Одегов М. М., Семененко Ю. О. Релейний захист і автоматика: навч. посібник. Ч. 1 / за ред. В. М. Баженова. Харків : Український державний університет залізничного транспорту, 2020. 250 с. URL: <http://lib.kart.edu.ua/bitstream/123456789/5227/1/%D0%9D%D0%B0%D0%B2%D1%87%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D0%B8%D0%B9%20%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%96%D0%B1%D0%BD%D0%B8%D0%BA.pdf>
4. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). URL: <https://zakon.isu.net.ua/sites/default/files/normdocs/pue.pdf>
5. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1143-06#Text>

Осаульчук Артем Дмитрович – студент, факультет електроенергетики та електромеханіки, група ЕСМ-24мс2, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: osaulchuck.artem@gmail.com

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

Osaulchuk Artem Dmytrovych – student, Faculty of Electrical Power Engineering and Electromechanics, group ECM-24mc2, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: osaulchuck.artem@gmail.com

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