

МЕТОДИ І ЗАСОБИ ОБМЕЖЕННЯ СТРУМІВ КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ НА АТОМНІЙ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто основні причини виникнення великих струмів короткого замикання в електричних мережах атомних електростанцій та їх вплив на надійність і безпеку роботи електрообладнання. Проаналізовано сучасні методи і технічні засоби обмеження струмів короткого замикання, зокрема застосування реакторів, трансформаторів із підвищеним відсотком короткого замикання, секціонування шин, оптимізації схем електропостачання та використання швидкодіючих комутаційних апаратів. Обґрунтовано необхідність комплексного підходу до вибору засобів обмеження струмів КЗ для забезпечення термічної і динамічної стійкості обладнання АЕС.

Ключові слова: атомна електростанція, коротке замикання, струми КЗ, обмеження струмів, реактор, секціонування шин, релейний захист, електрична схема.

Abstract

The paper considers the main causes of high short-circuit currents in the electrical networks of nuclear power plants and their impact on the reliability and safety of electrical equipment operation. Modern methods and technical means of limiting short-circuit currents are analyzed, including the use of reactors, transformers with increased short-circuit voltage, busbar sectionalizing, optimization of power supply schemes, and high-speed switching devices. The necessity of an integrated approach to selecting short-circuit current limiting means in order to ensure the thermal and dynamic stability of NPP equipment is substantiated.

Keywords: nuclear power plant, short circuit, fault current, current limiting, reactor, busbar sectionalizing, relay protection, electrical scheme.

Вступ

Атомні електростанції є одними з найважливіших об'єктів електроенергетики, до яких висуваються підвищені вимоги щодо надійності, безпеки та безперервності електропостачання власних потреб і видачі потужності в енергосистему [2]. Однією з найбільш небезпечних аварійних ситуацій в електричних мережах АЕС є короткі замикання, які супроводжуються протіканням значних струмів, здатних викликати термічні пошкодження струмоведучих частин, руйнування ізоляції, електродинамічні перевантаження та порушення стійкості роботи обладнання.

Особливістю АЕС є висока потужність генераторів, наявність розгалужених систем власних потреб, потужних блочних трансформаторів та складної структури розподільчих пристроїв, що призводить до підвищених рівнів струмів короткого замикання. У зв'язку з цим застосування ефективних методів і засобів обмеження струмів КЗ є необхідною умовою забезпечення безпечної та надійної експлуатації атомної електростанції [3].

Результати дослідження

У процесі дослідження встановлено, що рівень струмів короткого замикання на атомній електростанції визначається потужністю генераторів, параметрами блочних і пускорезервних трансформаторів, конфігурацією електричної схеми, режимом роботи секцій шин, а також потужністю зовнішньої енергосистеми. Через значну встановлену потужність енергоблоків і складну структуру системи електропостачання власних потреб, аварійні струми в окремих вузлах можуть досягати значень, небезпечних для комутаційної апаратури, шинопроводів, кабельних ліній та трансформаторного обладнання[1].

Проведений аналіз показав, що одним із найбільш ефективних організаційно-технічних рішень є секціонування шин розподільчих пристроїв. Поділ шин на окремі секції дозволяє зменшити сумарну підживлюючу потужність у точці короткого замикання, знизити розрахунковий струм КЗ та

локалізувати пошкодження в межах окремої секції [2]. Це особливо важливо для мереж власних потреб АЕС, де необхідно зберегти живлення відповідальних споживачів навіть при аварійних режимах.

Встановлено, що суттєве зниження струмів короткого замикання забезпечується шляхом застосування струмообмежувальних реакторів, які вмикаються послідовно в кола секцій шин, ліній живлення або трансформаторів власних потреб. Додатковий індуктивний опір реактора обмежує періодичну складову струму КЗ, зменшує ударний струм і, відповідно, знижує електродинамічні та термічні навантаження на елементи електричної схеми [3].

Дослідження також підтвердило доцільність використання трансформаторів з підвищеною напругою короткого замикання. Збільшення відсотка напруги короткого замикання трансформатора призводить до зростання його внутрішнього реактивного опору, що дозволяє обмежити струм аварійного режиму без істотного ускладнення схеми електропостачання [3]. Такий підхід є особливо ефективним для блочних трансформаторів і трансформаторів власних потреб, які формують рівень струмів КЗ у відповідних вузлах АЕС.

Окрему увагу приділено оптимізації схем електропостачання власних потреб, оскільки саме ці системи живлять найбільш відповідальні механізми атомної електростанції: насоси, системи охолодження, вентиляцію, приводи арматури, засоби автоматизації та елементи систем безпеки. Встановлено, що раціональне розділення нормального, резервного й аварійного живлення, а також обмеження паралельної роботи джерел у певних режимах дозволяє знизити рівень струмів короткого замикання та підвищити надійність функціонування електрообладнання [1].

Крім того, підтверджено, що важливим доповненням до пасивних засобів струмообмеження є швидкодіючі вимикачі та релейний захист. Хоча вони не зменшують початкове значення струму короткого замикання, їх застосування суттєво скорочує тривалість протікання аварійного струму, що зменшує теплове пошкодження обладнання та підвищує загальну живучість системи.

Таким чином, результати дослідження свідчать, що найбільш ефективним для атомної електростанції є комплексний підхід до обмеження струмів короткого замикання, який поєднує секціонування шин, використання струмообмежувальних реакторів, вибір трансформаторів з оптимальними параметрами короткого замикання, раціональну побудову схем електропостачання власних потреб і застосування швидкодіючих засобів захисту [2]. Саме така комбінація дозволяє забезпечити допустимий рівень струмів КЗ, підвищити надійність роботи обладнання та гарантувати безпечну експлуатацію атомної електростанції.

Висновки

Отже, обмеження струмів короткого замикання на атомній електростанції є важливим завданням, від якого безпосередньо залежать надійність, електробезпека та стійкість роботи електрообладнання. Найбільш ефективними засобами є секціонування шин, застосування струмообмежувальних реакторів, використання трансформаторів з підвищеною напругою короткого замикання, оптимізація схем електропостачання власних потреб та впровадження швидкодіючих засобів захисту і сучасних струмообмежувальних пристроїв. Комплексне застосування цих рішень дозволяє знизити аварійні струми до допустимого рівня, підвищити надійність роботи систем власних потреб і забезпечити безпечну експлуатацію атомної електростанції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П. Д. Проектування електричної частини електричних станцій : навчальний посібник / П. Д. Лежнюк, В. М. Лагутін, В. В. Тептя. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 194 с.
2. Лагутін В. М. Власні потреби електричних станцій : навчальний посібник / В. М. Лагутін, В. В. Тептя, С. Я. Вишневський. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 102 с.
3. Лесько В. О. Електричні апарати : навчальний посібник / В. О. Лесько, С. В. Кравчук, О. В. Сікорська. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 145 с.

Томляк Віктор Васильович — студент факультету електроенергетики та електромеханіки, кафедра електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: viktom639@gmail.com

Сікорська Олена Вікторівна — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sikorskaov@vntu.edu.ua

Tomlyak Viktor Vasylovych — student of the Faculty of Electric Power Engineering and Electromechanics, Department of Power Plants and Power Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: viktom639@gmail.com

Sikorska Olena Viktorivna — Candidate of Technical Sciences (PhD), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sikorskaov@vntu.edu.ua