

СТІЙКІСТЬ ЕНЕРГОСИСТЕМИ В УМОВАХ КОРОТКОЧАСНИХ ПЕРЕХІДНИХ РЕЖИМІВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі було проведено аналіз стійкості енергосистеми в умовах короткочасних перехідних режимів.

Ключові слова: стійкість енергосистеми, релейний захист, збурення, електромагнітні, електромеханічні, потужність.

Abstract

The paper analyzed the stability of the power system under short-term transient conditions.

Keywords: stability of the energy system, relay protection, disturbance, electromagnetic, electromechanical, power

Вступ

Стійкість енергетичної системи є одним із ключових показників її надійності та безперебійного функціонування. Під стійкістю зазвичай розуміють здатність енергосистеми повертатися до свого початкового або близького до нього режиму після дії різних збурень. Особливе місце серед таких збурень займають короткочасні перехідні режими, які охоплюють час від кількох мілісекунд до декількох секунд та відображають найшвидші динамічні процеси електромагнітної і електромеханічної природи. Саме ці процеси формують первинну реакцію системи після короткого замикання, раптового відключення або ввімкнення елементів, пусків великих двигунів чи зміни режиму генерації. Вони визначають, чи зможе система зберегти синхронізм, уникнути розбалансу потужності та запобігти каскадним аварійним відключенням [1].

Результати дослідження

Короткочасні електромагнітні та електромеханічні перехідні процеси визначають стан генераторів і елементів мережі в перші секунди після виникнення збурення і є критично важливими для оцінки динамічної стійкості енергосистеми. У разі короткого замикання спостерігається різке збільшення струмів, поява аперіодичної складової та коливань напруги, які змінюють кутове положення ротора синхронних генераторів. Ці процеси безпосередньо впливають на баланс потужності у мережі та на роботу пов'язаних енергетичних об'єктів. Як показують дослідження, стійкість системи значною мірою залежить від здатності генераторів зберігати синхронізм як під час дії збурення, так і після його усунення. Втрата синхронізму призводить до порушення узгодженості роботи обладнання, збільшення коливань струмів і напруги, а в ряді випадків – до розвитку каскадних аварій, що охоплюють великі ділянки мережі та загрожують надійності енергопостачання [2].

Характер перебігу короткочасних перехідних режимів визначається параметрами електричної мережі, величиною струмів короткого замикання, а також динамічними характеристиками обладнання, включаючи генератори, трансформатори та лінії передачі. Для мереж напругою 6–10 кВ величина струмів короткого замикання залежить від схеми живлення, рівня напруги та сумарного опору елементів, що безпосередньо впливає на глибину та тривалість перехідного процесу. Значні ударні струми викликають електромагнітні перенапруги, інтенсивний нагрів провідників і апаратури, а також призводять до появи додаткових механічних навантажень на генератори і трансформатори, що підвищує ризик їх пошкодження та скорочує ресурс експлуатації.

Підвищення стійкості енергосистеми досягається комплексним застосуванням технічних і організаційних заходів. Найважливішими серед них є швидкодіючі релейні захисти, які забезпечують своєчасне відключення пошкоджених ділянок мережі, автоматичне регулювання збудження синхронних генераторів, що стабілізує кутове положення ротора і підтримує напругу на заданому рівні. Скорочення часу ліквідації короткого замикання зменшує відхилення параметрів режиму та значно знижує ймовірність втрати стійкості, що робить управління енергосистемою більш передбачуваним і надійним [2,3].

Висновки

Підсумовуючи, можна відзначити, що короточасні перехідні процеси відіграють ключову роль у визначенні динамічної стійкості енергетичної системи. Вони включають як електромагнітні коливання, що виникають миттєво після збурення, так і електромеханічні коливання генераторів, які впливають на кутове положення ротора та тимчасово змінюють потоки потужності в мережі. Система, яка не здатна протистояти збуренням, може втратити синхронізм, що спричиняє розбалансування потужності, підвищення навантажень на обладнання та розвиток каскадних аварійних відключень.

Дослідження показують, що стійкість енергосистеми визначається комплексом факторів: параметрами елементів мережі, характеристиками генераторів, швидкістю релейного захисту та ефективністю автоматичного регулювання збудження. Оптимізація режимів роботи генераторів, встановлення стабілізаторів систем збудження, застосування регульованих компенсуючих пристроїв і сучасних алгоритмів керування дозволяє своєчасно гасити електромеханічні коливання та підтримувати баланс потужності.

Таким чином, контроль і аналіз стійкості системи дозволяють підвищити надійність енергосистеми, запобігти аварійним ситуаціям та забезпечити стабільну роботу при зростаючих навантаженнях і динамічних змінах режимів. Своєчасне впровадження комплексних технічних та організаційних заходів підвищує резерв стійкості системи та зменшує ризик аварійних відключень, що є необхідною умовою для безпечного та ефективного функціонування сучасних енергосистем[1,4].

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Півняк Г.Г. Конспект лекцій з дисципліни «Перехідні процеси в системах електропостачання». Частина І: «Електромагнітні перехідні процеси» для студентів спеціальності 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка" / Г. Г. Півняк, Ю. А. Папайка ; М-во освіти і науки України, Нац. техн. ун-т «Дніпровська політехніка». – Дніпро: НТУ «ДП», 2021. – 164 с URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2019/Pivnyak_2016_600.pdf
2. С. О. Скрипник, Г. О. Шеїна. Порівняння струмів короткого замикання електричної мережі 6 (10) кВ та 20 кВ. Наукові праці ДонНТУ. Серія: «Електротехніка і енергетика» №1(22) 2020. URL: <https://elen.donntu.edu.ua/2074-2630-2020-1-21-26.pdf>
3. Релейний захист та автоматика електричних станцій : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Рубаненко О. Є., Рубаненко О. О., Гунько І. О. – Вінниця : ВНТУ, 2023. – 1251с. https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2023/Rubanenko_2023_125.pdf
4. Гай О. В., Бодунов В. М. *Електромеханічні перехідні процеси в електричних системах: навчальний посібник*. Київ: Компрінт, 2020. URL: <https://dglb.nubip.edu.ua/handle/123456789/6299>

Рудченко Вікторія Максиміна – студентка, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця.

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

Rudchenko Viktoria M. – student, Vinnitsa National Technical University, student of the department of electric power stations and systems; Vinnitsa, Ukraine.

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