

ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ АПК

Кузнецов В. Г., Тугай Ю. І, Нікішин Д. А.

Інститут електродинаміки Національної академії наук України

Розглянуто питання оптимізації режимів сучасних систем електропостачання АПК з урахуванням появи джерел розосередженої генерації та встановлення нового обладнання для керування схемами і параметрами електричних мереж.

Постановка проблеми. Традиційно системи електропостачання (ЕС) АПК мають радіальні схеми електричних мереж, в яких потужність розподіляється від джерел живлення до споживачів в одному напрямку. Але поява останнім часом в цих системах джерел розосередженої генерації (електростанцій відносно невеликої потужності в безпосередній близькості від кінцевих споживачів), вимагає розробки нових моделей для аналізу режимів, з урахуванням можливої зміни напрямків розподілу електричної енергії. Також слід відмітити, що серйозною проблемою стало забезпечення якості електропостачання через недостатню надійність поставок електроенергії та невідповідність її параметрів нормативним вимогам. Тому розробка удосконалених моделей для оптимізації режимів роботи сучасних ЕС є актуальною теоретичною та практичною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Однією з причин поступового переходу від великих генеруючих об'єктів до малих енергокомплексів є необхідність забезпечення надійного енергопостачання споживачів при аваріях. До того ж розподілена генерація органічно вписується в проблему енергозбереження та підвищення енергоефективності: значна частина енергії споживається в місці її виробництва, що зменшує витрати енергії на її транспорт [1]. Також децентралізація енергопостачання є потужним стимулом залучення окремих регіонів країни в господарську діяльність [2].

Очевидно, що одночасно повинна відбуватись і децентралізація керування ЕС. Відповідні інформаційні та алгоритмічні технології знайшли своє втілення в концепції Smart Grid систем. Практичне впровадження цих систем передбачає вирішення низки організаційних та технічних заходів. Організаційні заходи передбачають реформування енергоринку, мотивацію активної поведінки споживачів тощо. Серед технічних заходів найбільш важливими є забезпечення систем електропостачання сучасним обладнанням та створення відповідних методів і моделей для реалізації задач децентралізованого оперативного керування.

Мета статті. Розглянуто аспекти розробки удосконалених математичних моделей для вирішення задач децентралізованого керування нормальними та аномальними режимами ЕС при наявності розосередженої генерації.

Основні матеріали дослідження. Система електропостачання є динамічною системою, яка весь час змінюється як у просторі (поява нових споживачів та джерел живлення), так і у часі (добові та сезонні графіки навантажень). На жаль, інформація про ці зміни принципово не може бути повною та абсолютно достовірною. Причому, як відомо з теорії детермінованого хаосу, зі збільшенням інтервалу прогнозування

невизначеність інформації зростає як степенева функція. Тому адекватна математична модель для вирішення оптимізаційних задач в ЕС повинна мати в своїй основі методи теорії нечітких множин [3, 4].

Головними критеріями оптимальності режимів ЕС є достатній рівень надійності електропостачання, мінімальні витрати електроенергії на її транспорт, припустимі відхилення показників якості електроенергії від нормованих величин. Важливо також, щоб потужності окремих типів генеруючих джерел були обрані оптимальним чином, щоб із максимальною ефективністю задіяти альтернативні та місцеві енергетичні ресурси. В загальному випадку критерії ефективності є суперечливими, тому задача оптимізації режимів ЕС є багатокритеріальною. Основні труднощі постановки і рішення багатокритеріальних оптимізаційних задач в умовах невизначеності пов'язані з нечіткістю як вихідних даних, так і цілей оптимізації та обмежень.

Як відомо, найбільш слабкою ланкою в ЕС є повітряні розподільні мережі середньої напруги. Близько 70% всіх порушень електропостачання відбувається саме в мережах даного класу напруги. Децентралізація керування при реалізації концепції Smart Grid є одним з найбільш ефективних засобів підвищення надійності електропостачання. Кожен окремий апарат, являючись інтелектуальним пристроєм, аналізує режими роботи ЕС і автоматично робить реконфігурацію її схеми в аварійних режимах, тобто локалізацію місця пошкодження та відновлення електропостачання споживачів через непошкоджені ділянки.

Сучасним апаратом, що відповідає вимогам децентралізованого підходу до керування, є вакуумний реклоузер: сукупність вакуумного комутаційного модуля з вбудованою системою вимірювання параметрів режиму і шафи управління з мікропроцесорною системою релейного захисту та автоматики. В [3] запропонована модель для вирішення задачі оптимального секціонування розподільної електричної мережі за допомогою реклоузерів з метою підвищення надійності електропостачання і метод отримання однозначного рішення при різних бінарних композиціях нечітких відносин. Показано, що навіть при невизначеному характеру початкової інформації, розроблений метод дозволяє оцінити найбільш вірогідну величину ефекту від секціонування і отримати оптимальну схему.

Зазвичай реконфігурація деревоподібних схем ЕС виконується методами дискретної оптимізації. Запропоновані останнім часом для цієї мети генетичні алгоритми не мають принципових відмінностей. В будь-якому разі робиться припущення про рівність напруги на підстанціях живлення, а також про чисто активний характер параметрів елементів схеми заміщення елементів мережі. Це справедливо для кабель-

них мереж великих міст, але призводить до похибки для мереж АПК, до яких входять також повітряні ЛЕП значної протяжності. Тому запропонована удосконалена модель, з урахуванням резервних перемичок, коли секціонування виконується шляхом поступового еквівалентного перетворення схеми. В цій моделі враховані як реальні опори елементів схеми заміщення елементів мережі, так і різниці в значеннях напруги на підстанціях живлення. Метод реконфігурації, який реалізовано на цій моделі, враховує також наявність джерел розосередженої генерації.

Забезпечення якості електроенергії гарантує необхідну електромагнітну сумісність між обладнанням, що входить до СЕС. Це стосується перш за все нового покоління споживачів, які характеризуються пофазною різницею параметрів, високою швидкістю їх зміни і нелінійним характером. Слід відзначити, що і джерела розосередженої генерації також є причиною виникнення спотворень параметрів електричної енергії в сучасній СЕС. Однак питання якості живлення не повинно утворювати обмежувальний бар'єр для впровадження поновлюваних джерел електроенергії та розвитку Smart Grid. Саме інтелектуальні властивості сучасного покоління СЕС повинні вирішити проблему нових підходів до ефективного моніторингу та управління якістю електроенергії.

Важливим засобом запобігання негативним наслідкам зниження якості електроенергії є нормування припустимих відхилень від стандартних величин. При цьому необхідно відрізнити технічні границі, вихід за межі яких унеможливило функціонування обладнання, і економічні, робота за межами яких неефективна. До останнього часу розглядалися в основному тільки технічні границі, тому необхідним є подальше удосконалення моделей оптимізації для аналізу економічно обґрунтованих границь впливу на функціонування СЕС відхилень напруги, вищих гармонічних складових та несиметрії.

При оптимізації режимів традиційних СЕС моделі в кращому випадку враховували тільки відхилення напруги. Але поява джерел розосередженої генерації вимагає удосконалення і цих моделей, оскільки з'являється небезпека виникнення вже забутих аварій, що викликаються лавиною напруги. На відміну від лавини частоти, лавина напруги має локальний характер і може виникати в окремих системах електропостачання з джерелами генерації малої потужності.

Впровадження відновлювальних джерел енергії передбачає широке використання інверторного обладнання, а значить появу в СЕС широкого спектру гармонійних складових, а не тільки традиційних непарних. Це вимагає більш адекватного моделювання для виявлення джерел спотворень та їх нейтралізації. Крім того, обладнання мікрогенерації часто має однофазне підключення, що збільшує несиметрію параметрів режиму. Особливої уваги заслуговують неповнофазні режими, які в електричних мережах з ізольованою нейтраллю є одним з основних засобів підвищення надійності електропостачання. Але такі схеми в поєднанні з джерелами гармонійних складових можуть породжувати нетипові резонансні процеси з небезпечними для обладнання перенапругами та надструмами. Моделювання нормальних та аномальних режимів

СЕС при наявності джерел спотворень дозволить зокрема визначити доцільність використання спеціального симетруючого обладнання.

Висновки. Розосереджене виробництво електроенергії є перспективним напрямком розвитку енергетики, яке останнім часом активно розробляється, оскільки є одним з важливих факторів підвищення енергетичної безпеки країни. Тому в статті розглянуто аспекти моделювання нормальних та аномальних режимів сучасних СЕС, що враховують наявність малих електростанцій у складі генеруючих потужностей та їх вплив на рівень надійності функціонування, витрати на транспорт та рівень якості електроенергії. Це дозволить СЕС задовольнити вимоги сучасних і перспективних поколінь споживачів.

Список використаних джерел

1. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. – 2011. – №1. – С. 46–53.
2. Козирський В. В. Інтеграція поновлюваних джерел енергії в розподільні електричні мережі сільських регіонів / В. В. Козирський, Ю. І. Тугай, В. М. Бодунов, О. В. Гай // Технічна електродинаміка. – 2011. – №5. – С. 63 – 67.
3. Тугай Ю. І. Оптимізація секціонування схем розподільних електричних мереж / Ю. І. Тугай, О. В. Гай // Праці ІЕД НАНУ. – 2011. – № 28. – С. 10–14.
4. Кузнецов В. Г. Методика оцінки качества электроэнергии в нечеткой форме / В. Г. Кузнецов, Ю. И. Тугай, С. А. Тимчук, Н. М. Черемисин // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2013. – Вип. 141. – С. 41–44.

Аннотация

ОПТИМИЗАЦИЯ РЕЖИМОВ СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ АПК

Кузнецов В. Г., Тугай Ю. И., Никишин Д. А.

Рассмотрены вопросы оптимизации режимов в современных системах электроснабжения АПК с учетом появления источников рассредоточенной генерации и установки нового оборудования для управления схемами и параметрами электрических сетей.

Abstract

THE OPTIMIZATION OF REGIME IN MODERN AGRICULTURAL POWER SUPPLY SYSTEMS

V. Kuznetsov, Y. Tugai, D. Nikishin

The optimization of modern power supply systems with sources of distributed generation and new equipment to control schemes and parameters of electrical networks was described.