

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ З ВІДНОВЛЮВАЛЬНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЖИВЛЕННЯ

Колесніченко А.Б., к.т.н., доцент, Сташенко О.В., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра відновлюваних джерел енергії

Вступ. В останні десятиліття у світі спостерігається стійке зацікавлення перспективами використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), особливо у контексті використання їх у системах електропостачання (СЕП). Провідні країни світу (США, Японія, Канада, країни ЄС) широко впроваджують моделі електропостачання із залученням нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії з мінімізованим негативним впливом на довкілля, здійсненням демонополізації не тільки виробництва, а й розподілу та споживання енергії [1].

На сьогоднішній день електричні мережі України базуються на застарілій концепції середини 20 століття. Це одна з основних причин складності розширення мережевої інфраструктури для задоволення постійно зростаючих енергетичних потреб. У наступному десятилітті очікується, що попит на електроенергію зросте на 19%, а існуюча мережева інфраструктура має можливість збільшити свою продуктивність лише на 6%. Тому українській електроенергетиці сьогодні вкрай важливо активно залучати та впроваджувати в діючі системи електропостачання ВДЕ. Однією з основних задач при інтеграції відновлюваних джерел енергії у СЕП є оцінка подальшої ефективності функціонування такої системи [2].

Мета роботи. Оцінка ефективності функціонування системи електропостачання при інтеграції ВДЕ.

Матеріали і результати досліджень. Досліджувану систему електропостачання необхідно представити у вигляді графа $\{Z\}$, вершинами якого є елементи СЕП (генератори, трансформаторні підстанції (ТП), споживачі), а зв'язками між цими елементами – лінії електропередач, тобто шляхи передачі електроенергії. На основі отриманого графа складається таблиця, де вказуються відповідні показники (обсяги споживання електроенергії). Аналіз за коефіцієнтами ефективності дає змогу оцінити ефективність роботи обраного обладнання та системи електропостачання в цілому [3].

Коефіцієнт ефективності системи електропостачання:

$$K_e^r = \frac{\sum_{i=1}^r \sum_{j=1}^t \sum_{l=1}^h z_{il}^i}{\sum_{i=1}^r x_i}.$$

Коефіцієнт ефективності системи розподілу електроенергії від i -го джерела енергії до приєднаних до нього споживачів:

$$K_e^i = \frac{\sum_{j=1}^{t^*} \sum_{l=1}^{h^*} z_{il}^i}{X_i},$$

де t^* – кількість приєднаних трансформаторів до i -го джерела; h^* – кількість споживачів, приєднаних до однієї ТП.

Коефіцієнт ефективності системи розподілу електроенергії від j -го трансформатора до приєднаних до нього споживачів:

$$K_e^j = \frac{\sum_{l=1}^{j^{**}} z_{il}^i}{y_i},$$

де t^{**} – кількість споживачів, приєднаних до j -го трансформатора; y_i – вимірювані показники для трансформатора, до якого приєднані споживачі.

Для детального аналізу окремих ланок графа $\{Z\}$ системи електропостачання необхідно провести укрупнення цих елементів та виконати оцінку їх ефективності.

Втрати для кожної з ланок передачі електроенергії визначаються як різниця вимірюваних коефіцієнтів на вищому і нижчому рівнях.

Відносний коефіцієнт втрат на виділеній ланці передачі електроенергії:

$$K_e^{\text{втр}} = 1 - \frac{\sum_{l=1}^n b}{a},$$

де a – вимірний показник на вищому рівні; b – вимірний показник на нижчому рівні.

Для оцінки забезпеченості потреб споживача в електроенергії необхідно ввести додаткову множину змінних $\{F\}$, що відповідає розрахунковим значенням обсягів електричної енергії, які повинні отримувати споживачі. Співставлення відповідних величин із множини $\{Z\}$ та $\{F\}$ дасть змогу визначити рівень забезпеченості споживача електричною енергією.

Коефіцієнт забезпеченості споживача електроенергією визначається як

$$K_{ij}^k = 1 - \frac{z_{ij}^k}{f_{ij}^k},$$

де z_{ij}^k – існуючий вимірний об'єм споживання, f_{ij}^k – оптимальне, бажане чи нормативне значення об'єму споживання.

Різниця між цими показниками визначає надлишок або нестачу електроенергії, що може бути також одним із оціночних критеріїв.

При умові, що показники не задовольняють потребам споживача, необхідно розв'язувати проблему підвищення ефективності системи електропостачання шляхом модернізації мережі або інтеграції джерел ВДЕ.

Для оцінки ефективності роботи окремого обладнання або ж окремих частин мережі аналіз проходитиме за попередньою методикою, де джерела розосередженої генерації (РГ) будуть включені в множину генераторів $\{A\}$.

Множину вершин графа $\{V\}$ системи електропостачання можна розділити на такі підмножини: $\{A\}$ – підмножина вершин існуючої системи електропостачання, що відповідає генераторам; $\{B\}$ – підмножина вершин, що відповідає ТП; $\{C\}$ – підмножина вершин, що відповідає споживачам електроенергії.

Джерела РГ, інтегровані на різних рівнях у систему електропостачання, яка передбачає декілька рівнів трансформації і, відповідно, декілька рівнів множини $\{B\}$, можуть бути виділені в окрему додаткову підмножину, що не має зв'язку з вищим рівнем, однак має зв'язок із нижчим рівнем.

У загальному випадку для цієї задачі можна записати:

$$\{V\} = [\{A\} \cup \{A_{PG}^G\}] \cup [\{B\} \cup \{A_{PG}^{TP}\}] \cup \{C\},$$

де A_{PG}^G – множина джерел розосередженої генерації, інтегрованих на вищих рівнях; A_{PG}^{TP} – множина джерел розосередженої генерації, інтегрованих на рівні трансформаторних підстанцій.

При аналізі впливу та ефективності інтеграції ВДЕ тільки на одному рівні ці джерела можуть бути включені в множину генераторів $\{A\}$. Якщо проводиться аналіз впливу та ефективності ВДЕ, інтегрованих на різних рівнях, то вони можуть бути включені в додаткову підмножину рівня, на якому відбувається інтеграція, а саме: на рівні генераторів - в підмножину $\{A^*\}$; на рівні ТП - в підмножину $\{B^*\}$; на рівні споживачів - в підмножину $\{C^*\}$.

Висновок: Запропоновано модель для оцінки ефективності системи електропостачання і доцільності інтеграції ВДЕ, суть якої полягає в аналізі графу СЕП та оцінці кожного елементу системи електропостачання за обраними критеріями, що дозволяє попередньо визначити потенційні місця приєднання ВДЕ, а також розрахувати ефекти від інтеграції ВДЕ. Запропоновані основні вирази для оцінки ефективності системи електропостачання при інтеграції ВДЕ.

Перелік посилань

1. Сінчук І.О. Відновлювані та альтернативні джерела енергії: навч. посіб./І.О. Сінчук, С. М. Бойко, О. Є. Мельник. — Кременчук: вид-во ПП Щербатих О. В., 2015. — 270 с.
2. Праховник А. В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения / А. В. Праховник. — К. : Освіта України, 2007. — 464 с.
3. Базюк Т.М. Підвищення ефективності інтеграції розосереджених джерел енергії в мережах систем електропостачання/Т.М. Базюк // Зб. пр. Ін-ту електродинаміки. Спец. вип. – 2012. – С. 98–102.