

ВИЗНАЧЕННЯ ЧАСТКИ ВТРАТ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ, ЯКІ ВИКЛИКАНІ ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Інститут відновлювальної енергетики НАН України

Анотція

У роботі представлено метод оцінювання частки електроспоживання конкретного споживача, яка забезпечується відновлювальними джерелами енергії (ВДЕ). Розроблені метод, алгоритм і програма визначення складової втрат потужності та електроенергії від ВДЕ у сумарних втратах електричних мереж. В основу методу покладено математичну модель електричної мережі для визначення втрат, в якій використовуються коефіцієнти розподілу струмів у вітках схеми від вузлів з ВДЕ та вузлові напруги.

Ключові слова: фотоелектричні станції, низьковуглецеві джерела енергії, розподільчі електричні мережі, втрати потужності.

Abstract

The paper presents a method for estimating the share of electricity consumption of a particular consumer provided by renewable energy sources (RES). A method, algorithm, and program have been developed to determine the component of power and electricity losses from RES in the total losses of electrical networks. The method is based on a mathematical model of the electrical network for determining losses, which uses current distribution coefficients in the branches of the circuit from nodes with RES and node voltages.

Keywords: photovoltaic stations, low-carbon energy sources, distribution networks, power losses

Вступ

Низьковуглецеві відновлювані джерела енергії (НВДЕ) становлять зростаючу частку виробництва енергії в світі. Очікується, що низьковуглецеві джерела енергії стануть найбільшими джерелами відновлюваної енергії до 2025 року, 60%. Тому, енергоефективність таких джерел стає головною проблемою в сценарії, де більшість власників джерел альтернативної енергії працюють по затвердженим графікам генерації та піддаються обмеженням у випадку відхилення їх від встановлених меж.

Результати дослідження

Проблема полягає в тому, що втрати в електричних мережах нелінійно залежать від навантаження і генерування у вузлах схеми. Підключення до системи великої кількості нових розподілених джерел, зокрема вітрових електростанцій, значно збільшує потребу в додаткових системних послугах. До таких послуг можна віднести визначення втрат потужності від перетоків потужності, спричинених новими джерелами зеленої генерації. Ці втрати необхідно враховувати під час прогнозування та визначення походження електроенергії від яких джерел живляться споживачі [1, 2].

Сумарні втрати потужності у вітках електричної мережі визначаються наступним чином [3]:

$$\Delta \dot{S}_B = \dot{V} \cdot \dot{S}_\Sigma, \quad (1)$$

де $\dot{V}$ – матриця коефіцієнтів розподілу втрат потужності у вітках схеми в залежності від потужності у вузлах схеми.

Складові втрат потужності у заданій i -й вітці (вітках) електричної мережі від протікання в ній електроенергії ФЕС і навантаження споживачів визначається наступним чином:

$$\Delta \dot{S}_{Bi} = \dot{V}_i \cdot \dot{S}_\Sigma = \sum_{i \in \theta_{ВДЕ}} \dot{V}_i \dot{S}_i + \sum_{i \in \theta_H} \dot{V}_i \dot{S}_i \quad (2)$$

де $\dot{V}_i$ вектор-рядок матриці розподілу втрат $\dot{V}$ з уточненням напруги у вузлах відповідно до значень потужності у цих же вузлах мережі; $\dot{V}_i$ – елементи вектор-рядка $\dot{V}_i$; $\dot{S}_i$ – елементи вектора потужності вузлів $\dot{S}_\Sigma$; $\theta_{ВДЕ}$ і θ_H – масиви вузлів відповідно ФЕС і навантажень споживачів.

Зауважимо, що коефіцієнти розподілу втрат залежать від параметрів схеми, які за певних допущень вважаються постійними, а також від значень напруги у вузлах, які обумовлені навантаженням і

генеруванням у вузлах схеми. Таким чином, нелінійність залежності втрат від параметрів режиму зберігається. Визначення коефіцієнтів матриці $\dot{V}$ через поточні значення вузових напруг по суті означає перехід до лінійаризованої моделі нормального режиму електричної мережі при зафіксованих потужностях та напругах у вузлах.

Врахування втрат електроенергії від перетоків потужності ФЕС дозволяє більш точно прогнозувати генерування ФЕС під час балансування режимів ЕЕС, що в результаті забезпечує зменшення штрафних санкцій. Також визначення втрат потужності та електроенергії в електричних мережах та окремих її вітках, які викликані окремими (НВДЕ) та їх групами, дає можливість оцінювати і враховувати вплив НВДЕ на баланс електроенергії. В основу методу покладено математичну модель електричної мережі для визначення втрат, в якій використовуються коефіцієнти розподілу струмів у вітках схеми від вузлів та поточні значення напруг вузлів схеми, що дозволяє отримати матрицю коефіцієнтів розподілу втрат потужності у вітках схеми в залежності від потужності ВДЕ у вузлах. Значення втрат електроенергії в електричних мережах, викликаних ВДЕ, можуть використовуватися під час оперативного планування балансу.

На рис. 1 наведено графіки втрат потужності в мережі: червона крива – втрати потужності в мережі, коли ФЕС відключена; синя крива – втрати потужності в мережі, коли ФЕС генерує електроенергію, зелена крива – втрати електроенергії в мережі, які викликані в ній генеруванням ФЕС.

Ефект впливу НВДЕ на втрати електроенергії в мережі залежить не тільки від її генерування, але також від навантаження споживачів. Наприклад, якщо о 13.00 генерування ФЕС залишиться, а навантаження зменшиться на 50 МВт, то сумарні втрати потужності в мережі складатимуть 7,34 МВт. Тобто, завдяки ФЕС втрати в мережі, обчислені за (1), збільшаться з –9,59 МВт до –0,7,34 МВт, а втрати від ФЕС становлять +2,18 МВт.

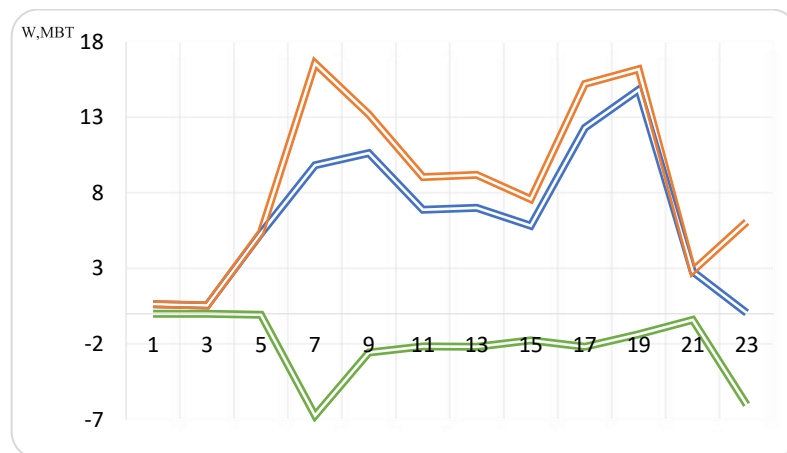


Рисунок 1 – Залежності втрат електроенергії в електричній мережі

Завдяки роботі ФЕС втрати електроенергії в мережі зменшилися на 2,18 МВт порівняно з тим, коли за того ж навантаження споживачів ФЕС не працювала

Висновки

Застосування методів визначення втрат в електричних мережах та окремих її вітках, які викликані окремими НВДЕ та їх групами, дає можливість в реальному часі оцінювати і враховувати вплив частки НВДЕ на баланс електроенергії в ЕЕС.

Значення втрат електроенергії в електричних мережах, викликаних ВДЕ, можуть використовуватися під час оперативного планування балансу електроенергії в ЕЕС та, оскільки вони є адресними, то відповідно може компенсуватися їх вартість.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Лежнюк П.Д., Ковальчук О.А., Нікіторович О.В., Кулик В.В. Відновлювані джерела в розподільних електричних мережах: Монографія. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 204 с.
2. Petr Lezhniuk, Vyacheslav Komar, Olena Rubanenko, Natalia Ostra. The sensitivity of the process of optimal decisions making in electrical networks with renewable energy sources // Przegląd Elektrotechniczny, Vol 2020, №10, page 32–38. DOI: 10.15199/48.2020.10.05.

Лусий Владислав Михайлович — аспірант, інституту відновлювальної енергетики НАН України e-mail: 2e.14b.vlad.lysyi@gmail.com

Lysyi Vladyslav M. — graduate student, e-mail: 2e.14b.vlad.lysyi@gmail.com