

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ В БАЛАНСІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено способи і засоби підвищення енергоефективності відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) шляхом оптимізації витрат на резервування потужності та електроенергії для компенсації нерівномірності графіків генерування вітровими (ВЕС) і фотоелектричними станціями (ФЕС) методом критеріального програмування.

Ключові слова: енергоефективність, відновлювані джерела енергії, нерівномірність графіка генерування, баланс електроенергії.

Abstract

Methods and means of improving the energy efficiency of renewable energy sources (RESs) by optimizing the cost of power and electricity redundancy to compensate for the unevenness of the generation of wind (WPPs) and photovoltaic power plants (PVPs) by the method of criterion programming.

Keywords: energy efficiency, renewable energy sources, uneven generation schedule, electricity balance.

Вступ

Відомо, що нині значно зросла кількість ВДЕ в розподільних електричних мережах. ВДЕ вже є невід'ємним елементом ЕЕС, який задіяний для керування її режимами. Очевидно, що вони мають оптимально інтегруватися в електричні мережі, нарощуючи потужність генерування та покращуючи техніко-економічні показники електричних мереж, що можливо досягти за рахунок підвищення енергоефективності ВДЕ. В Україні понад 50 % електромереж потребують капремонту, реконструкції та повної заміни через їх значну зношеність та недофінансування робіт з оновлення. Зношеність окремого обладнання енергетичної інфраструктури деяких операторів систем розподілу (ОСР) сягає 70 %. За умов зростання кількості та потужності ВДЕ, приєднаних до зношених розподільних мереж, зростає пошкоджуваність обладнання цих мереж, що призводить до зменшення енергоефективності ВДЕ. В звітах про результати діяльності Національної комісії, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) за 2018 та 2019 роки зазначено, що технічний стан інфраструктури галузі наближається до критичного через високий ступінь зношеності обладнання, застарілість технологій, відсутність достатнього рівня інвестицій, а саме, на більшості електричних станцій проектний ресурс обладнання вже вичерпано і воно експлуатується понад парковий термін експлуатації. Так, наприклад, із 75 енергоблоків генеруючих компаній теплових електростанцій 68 енергоблоків Також в звіті за 2019 р. наголошено, що порівняно з країнами ЄС показники SAIDI і SAIFI в Україні є значно вищими, що зумовлено високим рівнем зносу електричних мереж в Україні. Тому актуальною є задача підвищення енергоефективності ВДЕ для, по-перше, заміни генеруючих потужностей, що використовують органічні види палива, на станції, що використовують відновлювані види енергії, а по-друге, сприяння забезпеченню надійного електропостачання споживачів [1].

Збільшення потужностей ВДЕ, зокрема ФЕС, ВЕС, малих гідроелектростанції (МГЕС) впливає на процес балансування режимів ЕЕС, що також збільшує втрати електроенергії. Залежність від метеорологічних умов ФЕС, ВЕС, МГЕС потребує значного резервування потужностей, наразі це можливо лише завдяки ТЕС і ГЕС. Балансування Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України забезпечується за рахунок ГЕС/ГАЕС та ТЕС за потужності ВДЕ, меншої 3000 МВт, подальше балансування без розвантаження атомних електричних станцій (АЕС) неможливе, інакше доводиться обмежувати потужність ВДЕ, що практикується зараз. Тому актуальною є задача підвищення енергоефективності

ВДЕ в балансі електроенергії в ЕЕС, а особливо це стосується ВЕС і ФЕС. На сьогодні енергосистема найбільше потребує швидкодійних резервів первинного та автоматичного вторинного регулювання, зокрема – високоманевреного генерування зі швидким стартом/зупинкою і широким діапазоном регулювання потужності. Так, за даними НЕК «Укренерго», потреба в додатковій маневреній потужності оцінюється в 500 МВт уже в поточному році і до 2,5 ГВт – протягом наступних п'яти років. Цей обсяг може бути отриманий або шляхом розширення діапазону регулювання існуючих енергоблоків, або введенням в експлуатацію нового високоманевреного генерування. Оптимальним видається комплексний підхід, коли для компенсації нерівномірності графіка генерування ВДЕ використовуються декілька способів. В цьому випадку мінімізуються сумарні витрати на компенсацію нерівномірності генерування ВДЕ шляхом резервування потужності. Задача оптимізації резервування ставиться як

$$B_{\Sigma} = B_x(P_x) + B_e(P_e) + B_z(P_z) + B_c(P_c) + B_n(P_n) \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $B_x(P_x)$ – витрати на резервування накопичувачами хімічного типу; $B_e(P_e)$ – витрати на водневі технології; $B_z(P_z)$ – витрати, пов'язані з використанням біогазових технологій як резерву; $B_c(P_c)$ – витрати на користування системним резервом, фактично – це компенсація за утримання резерву на завантаження для енергоагрегатів ТЕС, що працюють за ціновими заявками і визначається за формулою :

$$B_c = \begin{cases} P_c \cdot (\epsilon_p^C - d\epsilon_n), \epsilon_p^C d\epsilon_n & (\text{грн/год}), \\ 0, \epsilon_p^C < d\epsilon_n \end{cases} \quad (2)$$

де ϵ_p^C – гранична ціна системи, яка формується для розрахункової години на оптовому ринку електроенергії, грн/кВт·год; $d\epsilon_n$ – прирощена ціна палива, що визначається на основі похідної функції витрат палива на виробництво електроенергії за рівнем навантаження агрегату електростанції та вартості потрібного палива; $B_n(P_n)$ – витрати на запаси пропускну здатності ЛЕП P_x, P_e, P_z, P_c, P_n – відповідно оптимальні значення потужностей, які визначаються для кожного зі способів резервування. Якщо задача оптимізації витрат на підвищення енергоефективності ВДЕ розв'язується методом критеріального програмування (КП), то в результаті визначаються критерії подібності, які є ваговими коефіцієнтами окремих витрат в сумарних витратах B_{Σ} . Критерії подібності пронормовані:

$$\pi_x + \pi_e + \pi_z + \pi_c + \pi_n = 1, \quad (3)$$

де $\pi_i = \frac{B_i(P_i)}{B_{\Sigma}}$ – критерії подібності (вагові коефіцієнти) відповідно до витрат на способи компенсації нерівномірності графіка генерування ВДЕ.

Висновки

Результати оптимізації, отримані в такому вигляді, дозволяють аналізувати співрозмірність і чутливість складових цільової функції, в нашому випадку способів компенсації нерівномірності генерування ВДЕ. Результати співрозмірності дають можливість ранжувати способи компенсації нерівномірності генерування ВДЕ за витратами, а чутливість – раціонально, найбільш ефективно використовувати потужності різних способів під час експлуатації.

Література:

1. S. L. Gundebommu, O. Rubanenko and M. Cosovic, "Determination of Normative Value Power Losses in Distribution power grids with Renewable Energy Sources using Criterion Method," 2020 19th International Symposium INFOTEH-JAHORINA (INFOTEH), 2020, pp. 1-6, doi: 10.1109/INFOTEH48170.2020.9066302

Лежнюк Петро Дем'янович – докт. техн. наук, проф., професор кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет

Рубаненко Олена Олександрівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет

Rubanenko Olena Oleksandrivna – Ph.D., Associate Professor, Associate Professor of Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : olenarubanenko@ukr.net

Lezhnyuk Petro Demyanovich – Dr. tech. Sciences, Prof., Prof. of the Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnitsya, email : lezhp@gmail.com