

ВПЛИВ РОЗОСЕРЕДЖЕНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА ЯКІСТЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЛОКАЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі виконано оцінювання інтегрального показника якості функціонування розподільних електричних мереж для різних варіантів схем під'єднання джерел розосередженого генерування.

Ключові слова: якість функціонування, розподільні електричні мережі, джерела розосередженого генерування.

Abstract

This paper evaluates the integral indicator of the quality of operation of distribution grids for different variants of connection schemes of sources of distributed generation.

Keywords: quality of operation, distribution networks, sources of dispersed generation.

Вступ

Розподільна електрична мережа є складним об'єктом, який містить елементи з різними функціональними параметрами та характеристиками – трансформаторні підстанції, кабельні та повітряні лінії електропередач тощо. Якість функціонування такого об'єкту залежить від надійності кожного елемента, узгодженості їх параметрів та структурних зв'язків між ними. Згідно сучасних тенденцій розвитку електричних систем збільшується частка децентралізованого генерування енергії, а розподільні електричні мережі (ЕМ) у сукупності з розосередженими джерелами енергії можна розглядати як локальні електричні системи (ЛЕС) [1].

Функціональна та структурна надлишковість ЕМ призводить до того, що існує певна свобода у виборі схем приєднання відновлюваних джерел електроенергії (ВДЕ). При цьому кожний варіант приєднання буде характеризуватись відповідним рівнем якості функціонування системи, тобто ефективністю (див. рис. 1). Тому для оцінювання якості функціонування доцільним є введення кількісного показника, який враховував би особливості і функціональні можливості локальної системи.

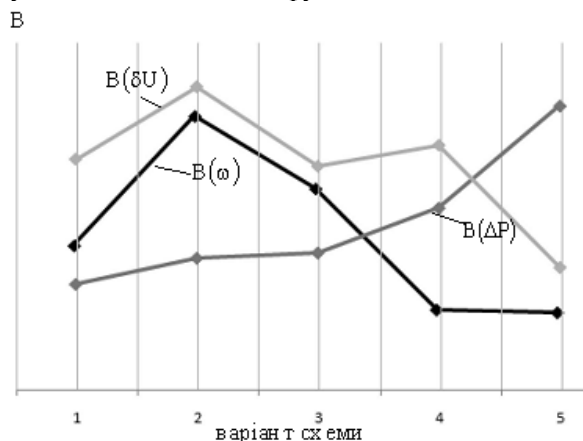


Рис. 1. Залежність витрат від варіанту схеми локальної енергосистема

Результати дослідження

Відповідно до рис. 1 ефективність буде виражатись сумою відповідних витрат: $V(\delta U)$ – витрати на забезпечення якісною електроенергією; $V(\omega)$ – витрати на забезпечення відповідного рівня надійності електропостачання; $V(\Delta P)$ – витрати на покриття втрат потужності.

$$B = B(\Delta P) + B(\omega) + B(\delta U). \quad (1)$$

Від (1) можна перейти до (2)

$$F = \Delta P + P(\omega) + P(\delta U), \quad (2)$$

де ΔP – втрати активної потужності; $P(\omega)$ – невідпущена потужність; $P(\delta U)$ – потужність, що не відповідає нормативам якості електричної енергії.

В загальному критеріальна форма від (2) буде мати вид [2]:

$$F_* = \pi_1 \cdot P_{\Sigma^*}^{\alpha \cdot \Delta P} + \pi_2 \cdot P_{\Sigma^*}^{\alpha \cdot P(\omega)} + \pi_3 \cdot P_{\Sigma^*}^{\alpha \cdot P(\delta U)}.$$

До (3) двоїста задача має вид [3]:

$$d_*(\pi_*) = \prod_{i=1}^3 \frac{\pi_{i0}^{\pi_i}}{\pi_i^{\pi_{i0}}};$$

де π_{i0} – критерії подібності, які відповідають “ідеальній” системі.

Якість функціонування системи можна оцінити інтегральним показником. Інтегральний показник якості функціонування системи визначається як площа E , яка обмежена кривою $d_* = f(p_*)$ і прямою $d_* = \delta d_*$. Значення δd_* відповідає межі якості функціонування системи, за якою вона не придатна до виконання своїх функцій.

$$E = \int_{\pi'_{i0i}}^{\pi_{i0i}^*} (d_*(\pi_{*i})) d\pi - \int_{\pi'_{i0i}}^{\pi_{i0i}^*} (\delta d_*) d\pi.$$

Для оцінювання якості функціонування електричних мереж у [3, 4] було запропоновано критеріальну модель, що отримана на підставі подібності рівнянь Колмогорова та умов ортогональності та нормування критеріального програмування:

$$E = \sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^n p_j [A_{min} \leq A \leq A_{min}]^{|v_{ji}|} - \sum_{i=n+1}^m p_i \sum_{j=1}^n p_j [A_{min} \leq A \leq A_{min}]^{|v_{ji}|}, \quad (3)$$

де m – загальна кількість можливих станів розподільної електричної мережі; n – кількість робочих станів; p – імовірність того, що показник якості електричної енергії A в допустимих межах при тому, що система перебуває в стані j ; A – значення показника якості електричної енергії; v^{ji} – елементи матриці переходів, які є алгебраїчними сумами інтенсивностей відмов λ та інтенсивностей відновлень μ .

Зростання відсотку відновлювальних джерел енергії в загальному об'ємі генерувальних потужностей енергосистеми дозволяє покращити функціональні можливості ЛЕС.

Розрахунки проведені для фрагменту ЛЕС (див. рис. 2) дозволяють констатувати підвищення якості функціонування системи в цілому.

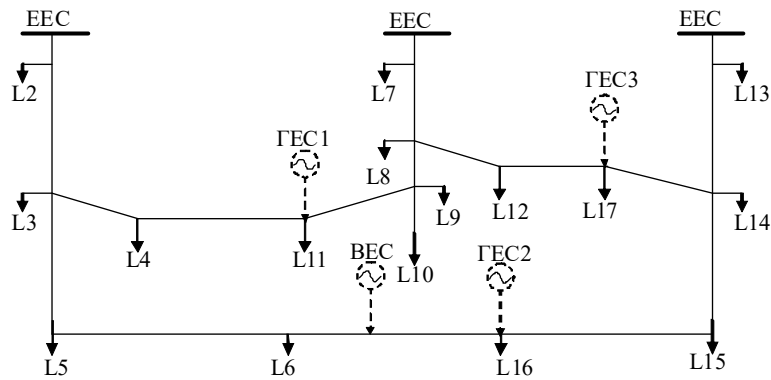


Рис. 2. Фрагмент локальної електричної системи

На рисунку 3 показано залежності зміни показника якості функціонування від зміни надійності ЛЕП при живленні від ЕЕС (крива 1) та з використанням ВДЕ (крива 2). Використання відновлювальних джерел через зниження втрат потужності, підвищення якості електричної енергії і зниження величини недовідпущеної енергії дозволяє підвищити функціональну готовність системи виконувати покладену на неї задачу надійного і якісного електропостачання.

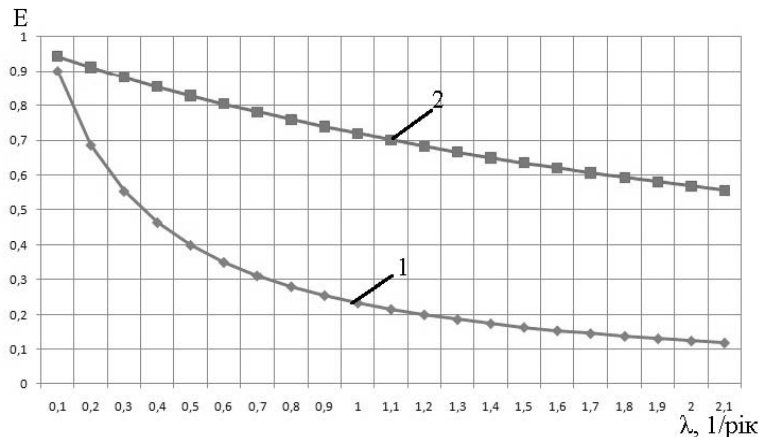


Рис. 3. Зміна показника якості функціонування від зміни надійності ЛЕП

Очевидно, що провівши розрахунки для різних варіантів розміщення ВДЕ, можна отримати інформацію щодо місць оптимального, з огляду якості функціонування, їх підключення.

Висновки

1. Використання відновлювальних джерел, а особливо малих ГЕС, дозволяє вплинути на якість функціонування локальної електричної системи шляхом підвищення якості електричної енергії і зниження втрат активної потужності.
2. Кількісно оцінити якість функціонування системи можна за інтегральним показником, який отримано шляхом поєднання принципів критеріального програмування і теорії марковських процесів. Оцінка виконується по відношенню до "ідеальної" системи, тому порівняння різних варіантів систем електропостачання можна виконувати без визначення техніко-економічних показників.
3. За аналізом отриманих результатів можна розробляти рекомендації з введення додаткових джерел енергії і точок їх підключення до мережі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириленко О.В., Праховник А.В. Энергетика стаłego розвитку: виклики та шляхи побудови // Праці Інституту електродинаміки НАН України. Спеціальний випуск. – Київ. – 2010. – С. 10–16.
2. Рубаненко О.О., Аналіз роботи ВДЕ в розподільних мережах та шляхи компенсації їх нестабільності / О.О. Рубаненко, В.П. Янович, І.О. Гунько // Вісник Хмельницького національного університету. – 2019. – № 5(277). – С. 264-269
3. Астахов Ю.Н., Лежнюк П.Д. Применение критеріального метода в електроенергетике. – К.: УМК ВО, 1989. – 137 с.

4. Лежнюк П.Д., Комар В.О. Оцінка якості оптимального керування критеріальним методом. Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 108 с.

5. Критерій оцінки якості функціонування розподільних мереж [Електронний ресурс] / Лежнюк П. Д., Комар В. О., Кравцов К. І. // Наукові праці Вінницького національного технічного університету. – № 3. – 2008. Режим доступу до журн.: http://www.nbv.gov.ua/e-journals/VNTU/2008-3.files/uk/08pdlodn_ua.pdf.

Сікорська Олена Вікторівна – аспірант кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: olenasikorska@ukr.net

Гридзь Іван Ігорович – студент гр. 1EE-17б, факультет електроенергетики та електромеханіки Вінницького національного технічного університету, e-mail: lvhslybqlsv@i.ua

Стець Олег Ігорович – студент гр. ЕСМ-18м, факультет електроенергетики та електромеханіки Вінницького національного технічного університету, e-mail: stetsOI@i.ua

Sikorska Olena V. – Postgraduate Student, Department of Power Plants and Systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: olenasikorska@ukr.net

Hrydz' Ivan I. – student of group 1EE-17b, Faculty of Electrical Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: lvhslybqlsv@i.ua

Stets Oleg I. – student of group ESM-18m, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, e-mail: stetsOI@i.ua