

УДК 621.311.1:620.92

Ярмолюк О.С., к.т.н., старший викладач,  
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

## РОЗПОДІЛ НАВАНТАЖЕНЬ МІЖ ГЕНЕРУЮЧИМИ ДЖЕРЕЛАМИ МІКРОМЕРЕЖ НА ОСНОВІ ВИКОРИСТАННЯ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНОГО РОЗПОДІЛУ РЕСУРСІВ

У вітчизняній технічній літературі питання, що пов'язані з побудовою мікромереж поки торкаються побічно, лише тільки у контексті обговорення спільних ідей розробки нової концепції організації енергетичного сектора країни на основі інтелектуалізації електричних мереж [1–3]. У той же час, за кордоном дана тематика є досить популярною, що підтверджується не тільки численними публікаціями, а й кількістю розроблених і реалізованих конкретних проектів [4, 5]. Разом із тим, безпосереднє застосування отриманих за кордоном результатів в умовах України в силу ряду причин є неможливим. Зокрема, у деяких дослідженнях запропоновані інноваційні перетворення в енергетиці концентруються в основному на рівні системоутворюючих мереж [4, 6], що не є абсолютним пріоритетом для України. Проте основна проблема полягає у тому, що реальний технічний стан і ступінь автоматизації вітчизняних електричних мереж, особливо на рівні розподілу електроенергії, відсутність можливості повноцінного матеріального забезпечення подібних проектів створюють серйозні перешкоди для їх широкого впровадження. Даний висновок впливає з аналізу умов, за яких реалізуються подібні проекти за кордоном [7, 8].

Формування мікромереж передбачає визначення складу та потужності окремих типів генеруючих джерел таким чином, щоб у кожний період часу з найбільшою ефективністю використовувати їх енергетичний потенціал, максимально задіяти наявні місцеві енергетичні ресурси. Вимога одночасного задоволення різноманітних цілей, які у загальному випадку є суперечливими, призводить до необхідності використання методів багатокритеріального прийняття рішень. При цьому важливо, щоб потужності окремих типів генеруючих джерел мікромережі були обрані оптимальним чином, що дає можливість із максимальною ефективністю задіяти альтернативні та місцеві енергетичні ресурси. При цьому питання полягає у визначенні граничного обсягу потужності засобів розосередженої генерації (РГ), який не створює проблем роботі сформованої інтегрованої системи. Задача стоїть, як змодельовані навантаження та характеристики генеруючих джерел у реальному часі, визначити оптимальний режим роботи такого комплексу, у якій мірі й яке джерело РГ використовувати у довільний момент часу доби. На цьому етапі досліджень розглядалася автономна мікромережа, яка працює на виділене навантаження та не має зв'язків із централізованою електропостачальною системою.

Попередньо обґрунтовується та формується перелік цілей, що на думку особи, яка приймає рішення, дають змогу забезпечити оптимальні умови роботи окремих компонентів мікромережі у кожний конкретний момент часу, враховуючи вплив зовнішніх чинників (наявність вітру, інтенсивність сонячної радіації, рівень навантаження і т.п.), які мають місце на момент часу. У розробленому для цієї мети методі цільові функції, що характеризують ступінь оптимальності роботи мікромережі, представлено у лінгвістичній формі, яка є найбільш зручною для користувачів. Математично вони формулюються таким чином:  $F_{jr}(P) \rightarrow_{P \in L} \text{extr}$ ,  $j=1, \dots, m$ ,  $P = \{P_1, \dots, P_i, \dots, P_n\}$ ,  $L \subseteq \Omega$ , де  $\Omega$  – область рішень, оптимальних за Парето.

В якості обмежень розглядаються: технічні можливості окремих генеруючих джерел й умова обов'язкового виконання балансу «генерація-споживання» з урахуванням за необхідності потенціалу акумулюючих пристроїв і втрат потужності в мікромережі. За наявності у структурі мікромережі відновлюваних джерел енергії, їх потенціал має бути задіяний у кожен момент часу в повному обсязі й у першу чергу. Однак в умовах експлуатації можуть виникати ситуації, пов'язані з незадовільним поточним технічним станом деяких видів

устаткування, його планованим технічним обслуговуванням або профілактичним ремонтом. Для цієї мети у розробленому методі існує можливість використовувати так звані «м'які» обмеження.

Розроблений метод багатокритеріального оперативного розподілу навантаження між окремими джерелами автономної мікромережі базується на спільному використанні модифікованого алгоритму нелокального пошуку так званого методу «яру», та підходу Беллмана-Заде. При цьому враховується, що структура поверхні, яка відповідає функції багатьох змінних, що оптимізується, викликає певну асоціацію з яром. Цей метод перемижує повільне локальне зі швидким нелокальним переміщенням і тим самим добре відслідковує викривлення дна яру та дає можливість достатньо ефективно знайти точку глобального екстремуму.

Підхід Беллмана-Заде застосовано для оцінювання ефективності рішення на кожному кроці оптимізаційного процесу шляхом одночасного аналізу всіх задіяних цільових функцій. Згідно з розробленим методом кожна цільова (оціночна) функція  $F_j(P)$ ,  $j=1, \dots, m$  замінюється нечіткою цільовою функцією або нечіткою множиною виду  $A_k = [P, \mu_{A_k}(P)]$ ,  $k=1, \dots, m$ , де  $\mu_{A_k}(P)$  являє собою функцію належності нечіткої функції  $A_k$ . Вибір оптимального рішення знаходиться з умови  $\max_P \mu_D(P) = \max_{P \in L} \min_{k=1, \dots, m} \mu_{A_k}(P)$ .

Таким чином, точка  $P^* = \arg \max_{P \in L} \min_{k=1, \dots, m} \mu_{A_k}(P)$  приймається як оптимальна на кожному кроці локального та нелокального пошуків при реалізації процесу розв'язання задачі. Розрахунок завершується, якщо різниця значень характеристик  $\min_{k=1, \dots, m} \mu_{A_k}(P)$  для суміжних точок стає меншою ніж заздалегідь задана точність розрахунків. Принципово важливо, щоб функції належності адекватно відображали характер відповідних оціночних (цільових) функцій. Отримане при цьому рішення належить як області компромісів, так і допустимих рішень.

Також встановлено, що важливою властивістю запропонованого підходу до багатокритеріального порівняння альтернатив у подальшому є можливість диференціації важливості окремих критеріїв і поточного технічного стану компонентів мікромережі. Це не тільки дасть змогу за необхідності віддавати перевагу окремим критеріям, але, навіть, повністю виключати деякі з них із процедури прийняття рішення, у залежності від режиму роботи мікромережі.

**Висновок.** Запропоновано метод визначення оптимальних режимів роботи окремих джерел енергії мікромережі, враховуючи сукупність факторів різноманітної природи, на основі використання модифікованих методів багатокритеріального розподілу ресурсів із метою підвищення ефективності використання генеруючого обладнання, сприяння сталому розвитку окремих територіальних громад.

**Список використаних джерел:**

1. Попов В.А. Алгоритм многокритериального управления режимами работы микросетей [Текст] / В.А. Попов, Е.С. Ярмолюк, П.А. Замковой // Східноєвропейський журнал передових технологій. – Х., 2014. – № 2. – С. 61–68.
2. Комплексное использование энергии возобновляемых источников [Текст] / Н.М. Мхитарян, С.О. Кудря, Л.В. Яценко [и др.] // Альтернативная энергетика и экология. – К., 2013. – № 17. – С. 15–22.
3. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні [Текст] / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – К. : ІЕД НАНУ, 2012. – № 5. – С. 52–67.
4. Вернер Д. Локальная виртуальная электростанция. Экспериментальные исследования принципов работы микрогенерационной установки [Текст] / Д. Вернер, Т. Хесс, П. Шенгер ; пер. Е.В. Раубаль. – Промышленная энергетика. – М., 2014. – № 8. – С. 12–17.
5. Microgrids: An overview of ongoing research, development and demonstration projects [Text] / N. Hatziaeryion, H. Asano, R. Iravani, Ch. Marnay // IEEE power and energy magazine. – 2007. – P. 78–94.
6. Кобец В.В. Инновационное развитие электроэнергетики на базе концепции Smart Grid [Текст] / В.В. Кобец, И.О. Волкова. – М. : ИАЦ Энергия, 2010. – 208 с.
7. Qiao L. A summary of optimal methods for the planning of state alone Microgrid System [Text] / L. Qiao // Energy and Power Engineering. – 2013. – № 5. – P. 992–998.
8. Hu M. Operating Strategies and Management for Smart Microgrid Systems [Text] / M. Hu, Y. Chen, Y. Chang // Journal of Energy Engineering. – 2014. – V. 140, is. 1. – P. 356–364.