

УДК 621.311.4 + 620.91/92

Костюк В.О., к.т.н, Радченко О.Л., к.т.н.,  
 Інститут загальної енергетики НАН України,  
 Конопко В.І., магістрант, Національний технічний університет України  
 «Київський політехнічний інститут»

### РЕАЛІЗАЦІЯ АЛГОРИТМУ КЕРУВАННЯ МІКРОМЕРЕЖЕЮ НА ОСНОВІ УМОВИ ІНВАРІАНТНОСТІ СТАНУ ЗАРЯДЖЕНОСТІ ЕЛЕКТРИЧНОГО АКУМУЛЯТОРА

Статистично підтвердженим фактом сьогоденного стану ринків електроенергії є щорічний приріст споживання електроенергії попри підвищення показників енерго-ефективності обладнання – побутових споживачів та інтелектуальних розподільних мереж [1]. Застосування електричних мікромереж є перспективним напрямом гнучкого задоволення попиту на електричну енергію. Застосування в мікромережах технологій виробництва електроенергії на основі відновлюваних джерел енергії (Е-ВДЕ) забезпечує більш високий ступінь автономності електроспоживачів.

Суттєвим недоліком Е-ВДЕ є слабо прогнозована миттєва енергія (вихідна потужність) джерела, що обумовлено мінливістю природної сили вітру, рівня інсоляції. Цей недолік частково усувають шляхом застосування накопичувачів енергії (ЕН).

За результатами аналізу властивостей сучасних ЕН, електричні акумуляторні батареї (АБ) різних типів з урахуванням питомих показників (5÷110 Вт·год/кг, 40÷1100 Вт/кг) є найбільш доступними для тривалого в часі використання у складі мікромереж [2]. Використання накопиченої в АБ енергії в разі недостатнього обсягу генерування Е-ВДЕ, є важливою властивістю роботи мікромережі. Задача визначення оптимальної ємності АБ для мікромережі, досі є недостатньо опрацьованою [3, 4].

АБ в залежності від режимів заряд/розряд, що вже відбулись, в кожний момент часу має певний електричний заряд (вимірюється у А·год), який можна обчислити через безрозмірну величину SOC (state of charge) – відношення значення поточного електричного заряду АБ до її номінальної ємності. Відомо, що АБ мають певні обмеження щодо глибини розряду (цю величину позначають DOD – depth of discharge) – відношення переданої споживачеві енергії до результату множення номінальної ємності АБ на номінальне значення напруги на її клеммах. Відтак має виконуватись співвідношення  $SOC + DOD = 1$ .

Найбільші перспективи в умовах сучасного українського законодавства пов'язують із широким застосуванням фотоелектричних панелей (ФЕП) [5].

Потрібне число ФЕП  $N_{PV}$  можна визначити на основі умови інваріантності показника  $SOC = SOC(t) = 1 - DOD_{rated}$  за виразом:

$$N_{PV} = \left( \sum_{t=t_1}^{t_r} (E_{load}^{DC}(t) + E_{load}^{AC}(t) / \eta_{inv}) \right) / \sum_{t=t_1}^{t_r} E_s(t), \quad (1)$$

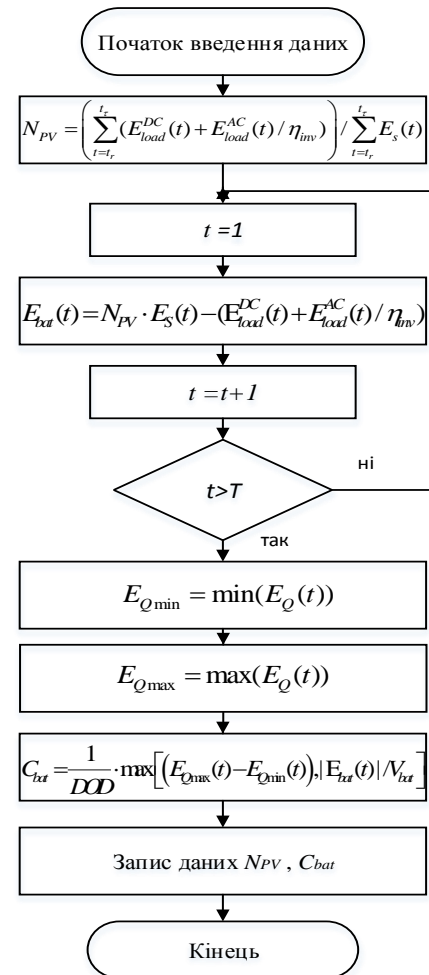


Рис. 1

де  $E_{load}^{DC}(t)$  – енергія споживана на постійній напрузі;  $E_{load}^{AC}(t)$  – енергія споживачів змінного струму, отримана від ФЕП з використанням інвертора;  $\eta_{inv}$  – коефіцієнт корисної дії інвертора;  $E_s(t)$  – енергія, яку генерує одна ФЕП;  $t_i$  – номер інтервалу часу протягом якого визначено значення змінних параметрів у виразі (1).

Передбачається, що тривалість кожного з інтервалів часу однакова і дорівнює 1 годині та  $i=[1;T]$ , де  $T$  – максимальна тривалість в годинах процесу визначення графіка навантаження та рівнів інсоляції ФЕП.

З урахуванням залежності (1) можна визначити енергію  $E_{bat}(t)$ , яку має містити АБ для забезпечення безперебійного постачання споживачів електричної енергії:

$$E_{bat}(t) = N_{PV} \cdot E_s(t) - \sum_{t=t_1}^{t_r} (E_{load}^{DC}(t) + E_{load}^{AC}(t) / \eta_{inv}). \quad (2)$$

За наявності графіка навантаження та рівнів інсоляції ФЕП отриманих для кожного з  $t_i$  інтервалів часу можна отримати значення  $C_{bat}$  ємності АБ, за якої буде забезпечено її постійну зарядженість на рівні визначеному виробником ( $DOD_{rated} = 0,2 - 0,3$ ). Залежність для визначення  $C_{bat}$  має наступний вигляд [4]:

$$C_{bat} = \frac{1}{DOD} \cdot \max[(E_{Qmax}(t) - E_{Qmin}(t)) | E_{bat}(t) | / V_{bat}], \quad (3)$$

де  $V_{bat}$  – напруга на клеммах АБ, яка вважається незмінною;  $E_{Qmax}(t)$  – максимальний обсяг енергії в АБ;  $E_{Qmin}(t)$  – мінімальний обсяг енергії в АБ.

В роботі представлено результати розрахунку ємності  $C_{bat}$  з використанням програмної реалізації алгоритму, розробленого на основі співвідношень (1) – (3), блок-схему якого зображено на рис. 1.

Розрахунки ємності резервної АБ з використанням запропонованого алгоритму дають можливість уточнити проектні техніко-економічні показники електропостачальної системи за структурою мікро-мережі порівняно з числовими результатами представленими в [5].

#### Список використаних джерел:

1. Palensky P., Dietrich D. Demand Side Management Demand Response, Intelligent Energy Systems, and Smart Loads // IEEE Transactions on Industrial Informatics. -2011. –Vol.7, No.3. – P.381-388.
2. Energy storage technologies: Review. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [http://www.ip.simr.pw.edu.pl/zn/artykuly/zn2\(102\)2015/013\\_021.pdf](http://www.ip.simr.pw.edu.pl/zn/artykuly/zn2(102)2015/013_021.pdf)
3. Костюк В.О., Ханицька О.О. Поєднання вимог щодо керування й надійності в задачах вибору раціональної конфігурації гібридної електро-постачальної системи з використанням ВДЕ // Збірник тез доповідей XII Міжнародної конференції «Контроль і управління в складних системах (КУСС-2014)». – Вінниця, ВНТУ. – 2014. – С.145.
4. Радченко О.Л. Розрахунок комплексу «відновлюване джерело – акумулятор» з максимальним використанням генерованої енергії // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2015, № 3. – С. 102–106.
5. Костюк В.О., Аксьонова О.С. Модель добового електропостачання об'єкта, оснащеного фотоелектричною установкою з максимальним використанням сонячної енергії // Вісник ХНТУ сільського господарства ім. П. Василенка. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України. – Випуск 165. – 2016. – С11–13.