

УДК 621.316.11

В. М. Бодунов;

О. В. Гай, канд. техн. наук, доц.

## УРАХУВАННЯ ОСТРІВНИХ РЕЖИМІВ ПІД ЧАС ВИБОРУ ПОТУЖНОСТІ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ

*Розглянуто питання доцільності використання динамічних енергоостровів в розподільних електричних мережах сільських регіонів з джерелами розподіленої генерації.*

### Вступ

Поширення джерел розподіленої генерації (РГ) в розподільних електричних мережах сільських регіонів потребує розв'язання низки нових задач, зокрема, задачі вибору величин потужності РГ для урахування їх впливу на ефективність роботи електричних мереж. В статті розглянуто вплив величини потужності РГ на такі важливі технічні показники режиму, як технологічні витрати та недовідпуск електричної енергії.

### Матеріали дослідження

Однією з переваг використання РГ є зниження рівня технологічних витрат електроенергії  $\Delta W$ , крім того джерела РГ можуть бути залучені до регулювання перетоків активної потужності [1].

За використання незмінної потужності джерела РГ цільову функцію можна подати у вигляді:

$$F = \Delta W(P_{\text{РГ}}) = \sum_{i=1}^m \Delta P_i(P_{\text{РГ}}) \Delta t \rightarrow \min, \quad (1)$$

де  $\Delta P_i(P_{\text{РГ}})$  — втрати активної потужності на  $i$ -му інтервалі часу тривалістю  $\Delta t$ .

Під час регулювання потужності РГ оптимізація втрат електричної енергії виконується на кожному інтервалі осереднення часу.

$$\begin{cases} \Delta P_i(P_{\text{РГ}i}) \rightarrow \min; \\ F = \sum_{i=1}^m \Delta P_i(P_{\text{РГ}i}) \Delta t \rightarrow \min. \end{cases} \quad (2)$$

Оптимальне значення потужності РГ при цьому буде визначатися за виразом

$$P_{\text{РГ}} = \max(P_{\text{РГ}i}). \quad (3)$$

З метою пошуку можливих закономірностей проведено математичний експеримент. Як тестові схеми використано типові електричні мережі [2] з характерними для сільськогосподарських споживачів графіками навантаження.

На рис. 1 показано графіки залежності технологічних витрат електроенергії для випадків нерегульованої (I) та регульованої (II) потужності джерела РГ. Пунктиром на графіках вказані ділянки, які відповідають недоцільним значенням  $P_{\text{РГ}}$ . Як видно з рис. 1 під час регулювання потужності РГ залежність за формою близька до експоненти і фактичне досягнення мінімуму технологічних витрат електроенергії (точка D) є недоцільним, оскільки це приведе до значного зменшення коефіцієнта використання встановленої потужності РГ.

Різниця  $\Delta W_I - \Delta W_{II}$  є ефектом від впровадження системи регулювання потужністю РГ. Порівнюючи його з витратами на створення такої системи можна зробити висновок про доцільність її встановлення.

Під час оптимізації потужностей РГ в електричних мережах з декількома джерелами для різних комбінацій місць встановлення джерел РГ діапазон розкиду значень потужностей доволі широкий

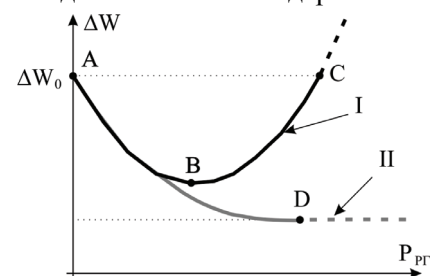


Рис. 1. Залежність технологічних витрат електроенергії від потужності джерела РГ

(рис. 2) і залежить від особливостей конкретної мережі, тобто не підлягає узагальненню (задача є об'єктно-орієнтованою). Разом з цим слід зазначити, що:

— мінімальне значення  $P_{\text{РГ}}$  у вузлі відповідає варіанту зі встановленими РГ в усіх вузлах і наближено дорівнює активній потужності навантаження у вузлі;

— максимальне значення  $P_{\text{РГ}}$  отримується під час встановлення РГ лише в цьому вузлі мережі;

— в електричних мережах зі значною кількістю вузлів (типові мережі № 5—9) екстремальні значення у разі встановлення одного джерела РГ в більшості випадків знаходяться поза зоною допустимих значень.

За наявності розподіленої генерації у випадку аварії може відбутися поділ СЕП на «острови», якщо включають джерела розподіленої генерації і забезпечують електроенергією найвідповідальніших прилеглих споживачів [3].

Використання динамічних енергоостровів в післяаварійних режимах дозволяє забезпечити мінімум недовідпуску електроенергії. Особливістю динамічних енергоостровів є те, що вони враховують динамічний характер навантаження і дозволяють максимально використовувати потужності РГ в післяаварійних острівних режимах. У разі аварійного відключення головної ділянки формується енергоострів, розміри якого протягом післяаварійного режиму динамічно змінюються в залежності від потужності вузлів навантаження.

На рис. 3 показано графік залежності недовідпуску електроенергії від потужності джерела РГ за використання динамічного енергоострова. Залежність має декілька характерних ділянок, а саме:  $AB$  — характерна різка зміна величини недовідпуску;  $BC$  — повільна зміна  $\Delta W_{\text{нед}}$  у разі збільшення потужності РГ;  $CD$  — зростання потужності РГ майже не впливає на недовідпуск електроенергії.

Найбільший інтерес, з точки зору відносного зменшення величини недовідпуску електроенергії, становить ділянка  $BC$ , межі якої можуть бути визначені за заданою величиною градієнта цієї функції. Зміна недовідпуску електроенергії при цьому може бути використана для визначення доцільності використання динамічного енергоострова.

## Висновки

1. Моделювання нормальних та «острівних» режимів ще на етапі проектування дозволить визначити ефективний діапазон потужностей РГ.

2. Критичні значення потужностей РГ (точки  $C$ ,  $D$  на рис. 1 та точка  $D$  на рис. 3) можуть бути використані як додаткові технічні обмеження для вибору потужності РГ.

2. Запропоновано підхід до визначення доцільності використання динамічних енергоостровів в електричних мережах з РГ.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподільної генерації в електричних мережах / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. — 2011. — № 1. — С. 46—53.
2. Прусс В. Л. Повышение надежности сельских электрических сетей / В. Л. Прусс, В. В. Тисленко. — Л.: Энергоатомиздат, 1989. — 209 с.
3. Mahat P. Control and Operation of Islanded Distribution System / Mahat P. — Aalborg: Aalborg University, 2010. — 174 p.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 15.10.2013  
Рекомендована до друку 4.11. 2013

**Бодунов Вадим Миколайович** — старший викладач кафедри електричних систем і мереж.  
Чернігівський державний технологічний університет, Чернігів;

**Гай Олександр Валентинович** — доцент кафедри електропостачання ім. проф. В. М. Синькова.  
Національний університет біоресурсів і природокористування України, Київ

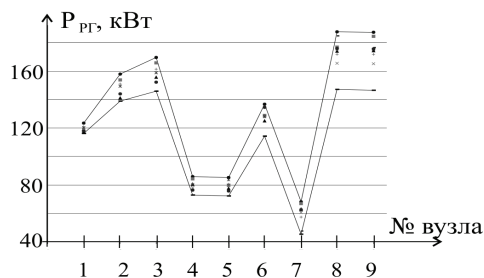


Рис. 2. Діапазон розкиду оптимальних значень  $P_{\text{РГ}}$  для забезпечення мінімуму технологічних витрат електроенергії (на прикладі типової моделі 4)

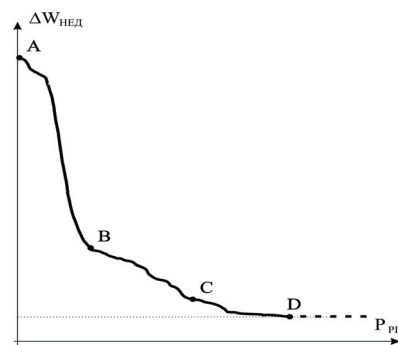


Рис. 3. Залежність величини недовідпуску електроенергії від потужності джерела РГ