

УДК 621.316.1: 313.322

П. Д. Лежнюк, д-р техн. наук, проф.;

В. О. Комар, канд. техн. наук, доц.;

Д. С. Собчук, асп.

ОЦІНЮВАННЯ ВПЛИВУ ДЖЕРЕЛ ВІДНОВЛЮВАНОЇ ЕНЕРГІЇ НА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАЛАНСОВОЇ НАДІЙНОСТІ В ЕЛЕКТРИЧНІЙ МЕРЕЖІ

Запропоновано метод визначення коефіцієнтів, які дозволяють врахувати залежність потужності, генерованої відновлюваними джерелами енергії, від природних умов під час розв'язання задачі забезпечення балансової надійності.

Вступ

Електроенергетика до останнього часу розвивалась шляхом централізації системи генерування за рахунок розбудови потужних електричних станцій і об'єднання їх в енергетичні комплекси. Результатом цього є такі енергооб'єднання, як європейська енергосистема ENTSO-E, єдина енергосистема Російської Федерації, об'єднана енергосистема України та інші.

Останнім часом спостерігається стійка тенденція до зміни концепції розвитку електроенергетики, оскільки перевага надається розбудові джерел розосередженого генерування [1]. Під розосередженим генеруванням (РГ) розуміємо джерела електричної енергії, безпосередньо з'єднані з розподільною електричною мережею або підключені до неї зі сторони споживачів [2]. Серед джерел РГ, за рахунок державного стимулювання, найбільшого розповсюдження набули відновлювані джерела енергії (ВДЕ): вітроелектростанції (ВЕС) і сонячні електричні станції (СЕС).

Впровадження ВДЕ в електроенергетичних системах, окрім зниження екологічного навантаження на навколишнє середовище і розв'язання багатьох проблем, пов'язаних з викидами відходів під час виробітку електричної енергії, дозволить, по-перше, суттєво підвищити ефективність використання первинних ресурсів, по-друге, розвантажить як системоутворювальні, так і розподільні електричні мережі [2, 3].

Однак ВДЕ має низку недоліків, одним з яких є залежність їхнього генерування від природних умов (сонце, вітер). На успішне розв'язання задачі забезпечення балансу потужностей генерування і споживання, або, іншими словами, балансової надійності, ця особливість має найбільший вплив.

Характеристики відновлюваних джерел енергії

Зіставлення графіків електроспоживання і генерування такими відновлюваними джерелами, як СЕС та ВЕС, дозволяє говорити про низьку їх «стабільність» для забезпечення балансу потужності в електричній мережі (рис. 1, 2). В задачі забезпечення балансу потужності СЕС та ВЕС можна віднести до умовно регульованих джерел, тобто джерел з теоретичною можливістю зміни генерування в межах природних можливостей. Зазвичай практично таку можливість не використовують, оскільки в такому разі їхня економічна ефективність різко знижується.

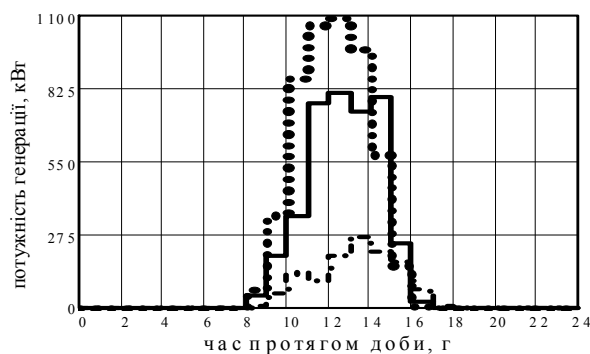


Рис. 1. Сезонна зміна добового графіка роботи СЕС

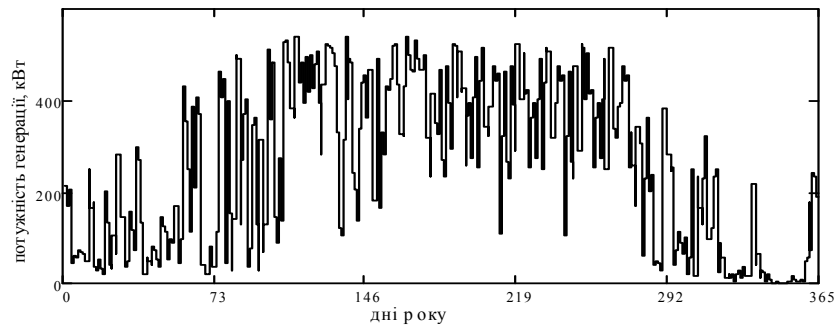


Рис. 2. Характер зміни середніх значень генерації СЕС, визначених за добовими графіками, протягом року

Отже, враховуючи незалежність графіків генерації ВДЕ та електроспоживання, метою статті є створення методу, який би дозволив оцінити вплив характеристик ВДЕ на балансну надійність електричної мережі. Для того, щоб врахувати особливості ВДЕ під час планування режимів роботи електричної мережі, введемо коефіцієнти стабільності та енергозабезпеченості.

Визначення коефіцієнтів стабільності та енергозабезпеченості

Розглянемо масив добових графіків протягом року (рис. 3а) з сторони доби (рис. 3б). Оскільки діапазон ступенів кожної доби повторюється, то можна визначити можливий діапазон зміни генерованої (спожитої) потужності в певний період часу. Нескладними обчисленнями можна визначити імовірність кожної генерованої (спожитої) потужності протягом року.

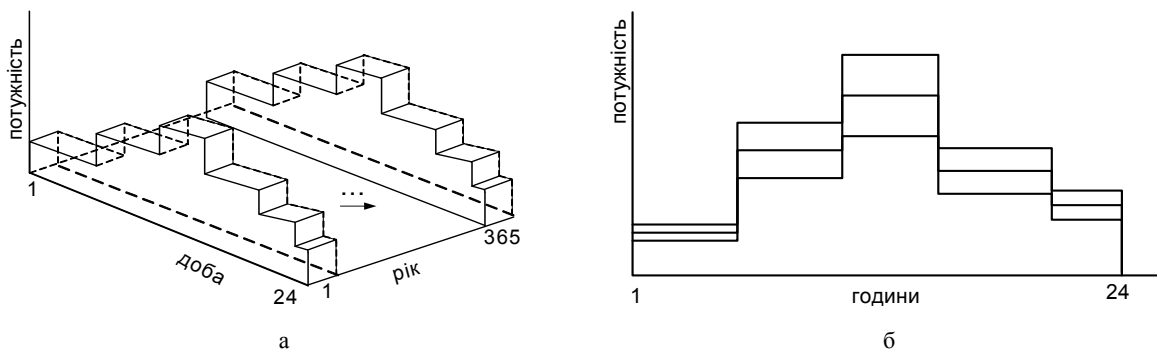


Рис. 3. Масив добових графіків за рік: а — просторовий вигляд; б — вигляд у часі

Для врахування можливості забезпечення графіка електроспоживання за рахунок генерування ВДЕ, приєднаних до розподільної електричної мережі, необхідно сумістити масиви графіків генерування і споживання (приклад одного ступеня суміщених масивів показано на рис. 4).

В залежності від кількості реалізацій відповідних рівнів (генерування, споживання) можна визначити їхню імовірність:

$$p = \frac{n}{365}, \quad (1)$$

де n — кількість реалізацій рівнів (генерування, споживання) протягом року.

За отриманими ймовірностями можна оцінити коефіцієнт стабільності, який буде характеризувати імовірність забезпечення потужністю, виробленою на ВДЕ, споживачів, підключених до відповідного фідера розподільної електричної мережі.

Визначити коефіцієнт стабільності можна за виразом

$$k_{\text{стаб}} = \sum_{i=1}^{24} \left[p_{\text{добі}} \sum_{j \in M} \left(p_{\text{ВДЕ_рік}_j} \sum_{l \in N} p_{\text{спож_рік}_l} \right) \right], \quad (2)$$

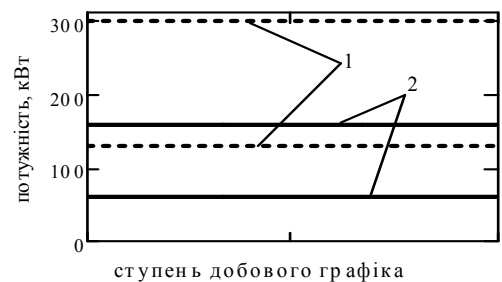


Рис. 4. Імовірні рівні певного періоду часу протягом року: 1 — генерування; 2 — споживання

де $p_{\text{доб}}$ — імовірність появи ступені добового графіка ($p_{\text{доб}} = 1/24$); $p_{\text{ВДЕ_рік}}$ — імовірність появи ступеня генерації протягом року, визначається за виразом (1); M — множина ненульових ступенів; $p_{\text{спож_рік}}$ — імовірність появи ступеня споживання протягом року, визначається за виразом (1); N — множина ступенів споживання, які знаходяться нижче рівня генерації відповідного періоду доби (див. рис. 4).

Коефіцієнт стабільності дозволяє оцінити можливості ВДЕ покривати необхідний графік споживання електричної енергії. Для оцінювання енергозабезпеченості пропонується ввести коефіцієнт, який визначається відношенням математичного очікування річного споживання $M(W_{\text{спож}})$ до математичного очікування річного генерування ВДЕ $M(W_{\text{ВДЕ}})$:

$$k_3 = \frac{M(W_{\text{спож}})}{M(W_{\text{ВДЕ}})} \quad (3)$$

Визначити необхідні математичні очікування можна аналізуючи річні графіки за тривалістю (рис. 5).

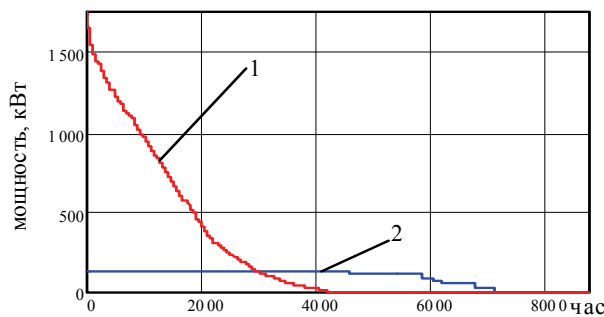


Рис. 5. Річні графіки за тривалістю: 1 — генерування; 2 — споживання

Запропоновані коефіцієнти дозволяють дати характеристику ВДЕ по відношенню до природних умов і графіка електроспоживання.

Висновки

Державне стимулювання розбудови відновлюваних джерел енергії зумовлює зростання їх частки в системному балансі електричної енергії. Тому необхідно розробляти методи та засоби, які дозволили б враховувати особливості ВДЕ під час розв'язання проектних та експлуатаційних задач.

Розроблено метод оцінювання коефіцієнта стабільності та енергозабезпеченості, які характеризують імовірність покриття графіка навантаження можливостями джерел розосередженого генерування, що залежать від природних умов. Врахування запропонованих коефіцієнтів під час розв'язання задачі оцінювання балансової надійності дозволило врахувати невідповідність графіків роботи ВДЕ та електроспоживачів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2020 року / [Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник, С. П. Денисюк та ін.]. — К.: вид-во Ін-ту електродинаміки НАН України, 2011. — 275 с.
2. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах / О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко // Технічна електродинаміка. — 2011. — № 1. — С. 46—53.
3. Ackerman T. Interaction between distributed generation and the distribution network / T. Ackerman, V. Knyazkin // Transmission and Distribution Conference and Exhibition: Asia Pacific IEEE/PES. — 2000. — Vol. 2. — P. 1357—1362.

Рекомендована кафедрою електричних станцій та систем

Стаття надійшла до редакції 15.10.2013
Рекомендована до друку 26.11. 2013

Лежнюк Петро Дем'янович — професор, **Комар В'ячеслав Олександрович** — доцент.
Кафедра електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця;
Собчук Дмитро Сергійович — аспірант кафедри електропостачання.
Луцький національний технічний університет, Луцьк