УДК 621.316.11

А.В. Жильцов, д.т.н., ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України, м. Київ,
В.М. Бодунов, ЧДТУ, м. Чернігів,
О.В. Гай, к.т.н., НУБіП України, м. Київ

АЛГОРИТМ ВСТАНОВЛЕННЯ ДЖЕРЕЛ РОЗПОДІЛЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

The distributed generation sources must not adversely affect the quality and reliability of electricity supplied to other customers on the network, so the complex analysis of the mode of electrical power system is needed. Algorithm of connection of the distributed generation source in electrical power systems is offered in article.

В грудні 1997 року було прийнято Кіотський протокол, найважливішою вимогою якого є обмеження використання викопних вуглеводнів для виробництва теплової та електричної енергії. Кіотський протокол було підписано 181 країнами, в тому числі і Україною, тому використання поновлюваних джерел енергії є одним з пріоритетних напрямків розвитку вітчизняної енергетики. Відповідно до [1] використання нетрадиційних та поновлюваних джерел енергії (НПДЕ) має збільшитись з 15,51 млн. т у.п./рік (2010 рік) до 57,73 млн. т у.п./рік (2030 рік).

З метою стимулювання споживача до використання НПДЕ було розроблено так званий "зелений" тариф − спеціальний тариф, за яким закуповується електрична енергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії (сонячна, вітрова, геотермальна енергія, енергія хвиль та припливів, гідроенергія (з установленою потужністю не більше 10 МВт), енергія біомаси, газу з органічних відходів, газу каналізаційно-очисних станцій, біогазів, газу метану від дегазації вугільних родовищ, перетворення скидного енергопотенціалу технологічних процесів). Величина "зеленого" тарифу установлюється на рівні роздрібного тарифу для споживачів другого класу напруги, помноженого на відповідний коефіцієнт "зеленого" тарифу в залежності від потужності та виду джерела енергії [2].

Зазначені вище важелі мають стимулювати фізичних та юридичних осіб до підвищення ефективності використання паливо-енергетичних ресурсів та поширення використання міні- та мікроелектростанцій на альтернативних джерелах енергії. Насправді ж насьогодні основними чинниками, які зумовлюють використання споживачами власних генеруючих потужностей (в тому числі альтернативних) [3] є:

– підвищення рівня надійності електропостачання;
– забезпечення належного рівня якості електроенергії;
– економія за рахунок високого коефіцієнту корисної дії системи та відсутності посередників;

© А.В. Жильцов, В.М. Бодунов, О.В. Гай

– можливість автономного електропостачання.

Отже в першу чергу розвиток використання міні та мікроелектростанцій викликаний незадоволеністю якістю та вартістю послуг з електропостачання. Це характерно в першу чергу для сільських регіонів, особливість СЕП яких полягає в значній роззосередженості навантаження, використанні протяжних повітряних ліній 10 та 0,38 кВ, маючих низьку надійність та великі втрати напруги та потужності.

Встановлення власних генеруючих потужностей споживачами є основою для створення галузі, яка відома у світі під назвою розподілена генерація (РГ) (distributed generation) [3]. Особливістю електричних систем з джерелами розподіленої генерації (ДРГ) є різнонаправлений струморозподіл (Two-way flow) в розподільних мережах 10(6) та 0,38 кВ, що викликає появу нових задач, нехарактерних для систем централізованого електропостачання. Основною проблемою систем РГ є залежність параметрів електропостачання інших, "сусідніх" споживачів від режиму роботи споживача з джерелом РГ, параметрів та режимів роботи мережі, по якій вони отримують живлення від енергосистеми по загальним розподільним лініям (табл. 1). Поява джерела генерації в розподільній мережі зі своїми законами регулювання, не узгодженими з законами регулювання центру живлення мережі може привести до погіршення якості електроенергії та надійності електропостачання споживачів, підключених до того ж фідера, що й споживач з ДРГ.

Таблиця 1

Вплив джерела розподіленої генерації на роботу електричної мережі

Показник функціонування	Електропостачання споживача з джерелом РГ	Електропостачання "сусідніх" споживачів
Надійність електропостачання	підвищується	можливе як підвищення так і зниження
Якість електроенергії	підвищується	
Експлуатаційні витрати	зменшуються	лишаються приблизно незмінними

Відсутність єдиного управління в західних енергосистемах, в яких відсутня монополія на забезпечення енергією, неодноразово приводила до крупних системних аварій [4]. Аналогічні негативні наслідки можуть виникнути і в розподільних мережах з ДРГ, тому встановлення ДРГ має бути обґрунтоване не лише за терміном окупності для споживача, але й має бути розрахований вплив джерела на ефективність роботи системи вцілому, бо інакше це може викликати порушення керованості та стійкості системи електропостачання і, як наслідок, погіршення якості надаваних послуг іншим споживачам.

На рис. 1 надані варіанти живлення споживача від розподільної мережі 10 кВ в нормальному усталеному режимі до встановлення ним ДРГ (резервні лінії живлення умовно не зображені). Земельна ділянка споживача показана пунктиром. Як видно з рисунку, можливі наступні варіанти живлення споживача:

– радіальною лінією з зосередженим в кінці навантаженням (рис. 1,а);

– від однієї трансформаторної підстанції 10/0,4 кВ розгалуженої лінії 10 кВ (рис. 1,б);

– від декількох підстанцій, підключених до однієї розгалуженої лінії 10 кВ (рис. 1,в);

– по декількох фідерах 10 кВ від одного центра живлення (рис. 1,г);

– по декількох фідерах 10 кВ від різних центрів живлення (рис. 1,д).

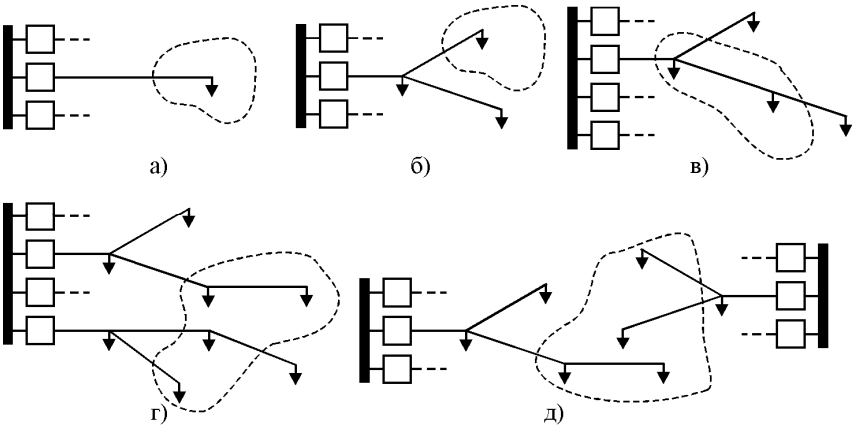

Рис. 1. Варіанти живлення споживача від розподільної мережі 10 кВ

Розглянемо алгоритм пошуку місця встановлення ДРГ в розподільній електричній мережі 10 кВ (рис. 2). Для спрощення вважатимемо, що споживачем встановлюється лише один генератор наперед заданого типу на власній земельній ділянці.

При живленні приймачів електричної енергії споживача, який збирається встановити ДРГ, від однієї ТП 10/0,4 кВ (рис. 1, а-б) маємо наступну послідовність:

– розрахунок необхідної потужності ДРГ;

− формування схеми;

– розрахунок та аналіз режимів роботи розподільної мережі з ДРГ;

− визначення статичної та динамічної стійкості ДРГ;

− налаштування релейного захисту (розподільної мережі, ДРГ, системи поділу мережі при зовнішньому кз);

– висновки щодо доцільності роботи генератора паралельно з енергосистемою, або в якості автономного джерела енергії;

– розрахунок терміну окупності;

– остаточне прийняття рішення про доцільність використання власних генеруючих потужностей.

В разі живлення споживача від декількох ТП (рис. 1, в-д), що характерно для сільськогосподарських кооперативів, ферм тощо, задача значно ускладнюється, бо формування схеми і режимів роботи слід розглядати одночасно – маємо справу з оптимізаційною задачею (блок «Оптимізація місця розташування та схеми підключення ДРГ до існуючої мережі» на рис.2).

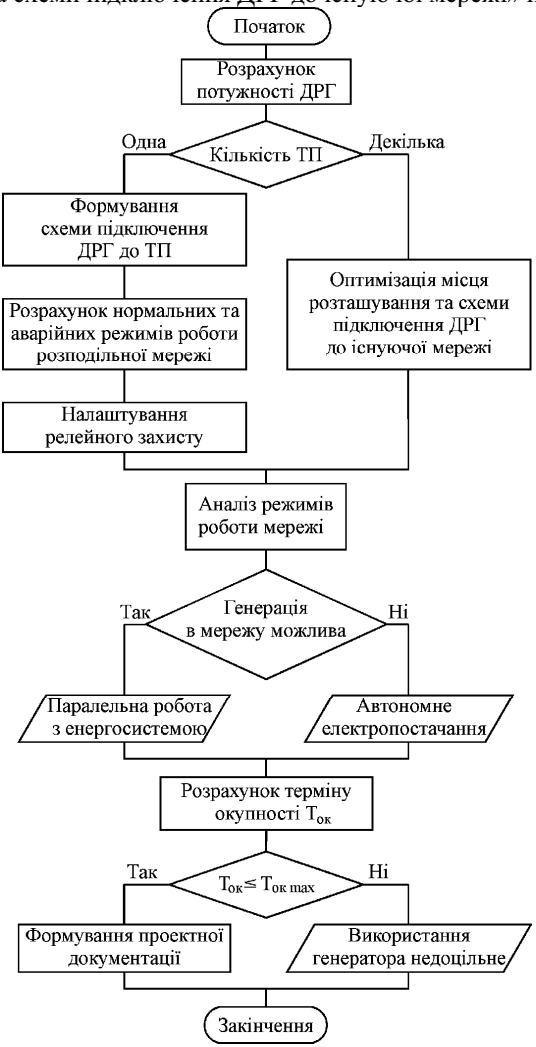

Рис. 2 Алгоритм встановлення одного джерела РГ

В цьому випадку необхідно обрати місце встановлення джерела (можливе вирішення задачі в розрізі покращення показників як у певного територіально обмеженого споживача, так і для енергокомпанії в цілому), точку (схему) підключення до існуючих розподільних мереж або зміну конфігурації фрагменту існуючих мереж для підвищення якості електроенергії, надійності електропостачання власних приймачів електроенергії, забезпечення високих енергетичних показників системи за умови незмінності, або покращення цих показників в інших споживачів, підключених до тієї самої розподільної мережі.

Висновки

Використання джерел РГ в розподільних електричних мережах впливає на ефективність роботи системи електропостачання вцілому, що зумовлює необхідність проведення комплексного аналізу режиму роботи всієї розподільної електричної мережі.

Задача оптимізації розміщення ДРГ у розподільних мережах сільських регіонів навіть у розглянутій вузькій постановці є багатоцільовою, до того ж містить значну кількість змінних керування (в загальному випадку це кількість, потужності, типи та місця розташування ДРГ, схеми електричних мереж тощо), до того ж частина змінних є безперервними (значення струмів, потужностей, протяжності ліній), а частина – дискретними (коефіцієнти трансформації трансформаторів, положення комутаційних апаратів). Одним з методів, який дозволяє розв'язувати задачі подібної складності є метод оптимізації під назвою генетичні алгоритми [5], який є синтезом аналітичних та чисельних методів пошуку екстремуму цільової функції.

1. Енергетична стратегія України на період до 2030 року [Схвалено розпорядженням Кабінету міністрів України від 15 березня 2006 р. N 145-р, зі змінами та доповненнями станом на 10 січня 2011 р.]

2. Закон України "Про електроенергетику" [Прийнятий Верховною радою 16 жовтня 1997 року, зі змінами та доповненнями станом на 10 січня 2011 р.]// Відомості Верховної Ради (ВВР), 1998, N 1, ст.1

3. *Праховник А.В.* Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения. – К.: Освіта України, 2007. – 464с.

4. *Семенов В.А.* Об авариях в зарубежных энергообъединениях//Энергетика за рубежом - 2005. – Вип. 5. - с.55-57.

5. *Luke S.* Essentials of Metaheuristics. A Set of Undergraduate Lecture Notes. September, 2009 – URL: http://cs.gmu.edu/~sean/book/metaheuristics/

Поступила 14.03.2011р.