

Попов В.А., д-р. техн. наук, проф., Ткаченко Ф.В., магістр,  
Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РІШЕНЬ ВІДНОСНО ВИКОРИСТАННЯ РОЗОСЕРЕДЖЕНОЇ ГЕНЕРАЦІЇ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТІ ІНФОРМАЦІЇ.

Широке використання розосередженої генерації сьогодні є загальносвітовою тенденцією і перспективним напрямком розвитку електроенергетики. Є численні дослідження і обширна бібліографія, які обґрунтовують доцільність розвитку розосередженої генерації в плані можливості позитивного впливу на економічність електропостачання, зниження втрат електричної енергії та підвищення її якості. В той же час інтеграція джерел розосередженої генерації (ДРГ) в електричні мережі ставить перед енергокомпаніями ряд принципово нових питань, перш за все, технічного характеру.

Інтеграція РГ в існуючі системи розподілу електричної енергії має значний вплив на умови їх роботи. Характер та ступінь цього впливу суттєво залежать від кількості та потужності підключених ДРГ а також від місця їх приєднання. Інтеграція ДРГ до розподільних мереж створює ряд нових умов їх експлуатації, таких як підвищення напруги, можливе зменшення втрат потужності, проблеми з забезпеченням стабільності та відповідної надійності електропостачання, узгодження роботи засобів релейного захисту та автоматики. Більшість досліджень в цьому напрямку зосереджені на пошук рішення відносно розміщення ДРГ на основі урахуванні переважно одного з зазначених показників.

Всі перераховані характеристики мають різну фізичну природу і одиниці вимірювання. Більш того, при цьому відсутній нормативний показник, який відбиває якість електричної енергії в плані дотримання нормованих рівнів відхилення напруги, а відповідно до стандартів IEEE надійність електропостачання відображається рядом показників. Все це унеможливує використання єдиного критерію економічного характеру, який досить адекватно відображає наслідки застосування розосередженої генерації на умови роботи електричних мереж для можливості техніко-економічного порівняння різних варіантів застосування ДРГ. Зазначені обставини вимагають використання в даному випадку методів багатокритеріального порівняння альтернатив.

На сьогодні є очевидним, що у вітчизняних розподільних мережах існують поки що досить обмежені технічні вимірювальні засоби, що не дозволяють здійснити адекватне моделювання параметрів режиму без урахування фактичного рівня невизначеності інформації. Більш того, значимість даного чинника посилюється в припущенні появи в структурі електричних мереж ДРГ, особливо – якщо вони орієнтовані на використання відновлюваної енергії, що є важливою тенденцією розвитку сучасної електроенергетики.

Значною мірою це відноситься і до питань, пов'язаних з прийняттям оптимальних рішень на основі комплексної (багатокритеріальної) оцінки альтернатив, що в багатьох випадках є основою техніко-економічного порівняння варіантів. У зв'язку з цим інтерес представляє адаптація ряду методів багатокритеріального порівняння альтернатив для умов, коли частина або всі параметри завдання формуються з урахуванням реального рівня невизначеності інформації та представляються, наприклад, у вигляді нечітких множин.

Враховуючи наведені обставини були виконані наступні дослідження.

Розроблено методики для оцінки вихідної потужності відновлюваних джерел енергії, навантажень вузлів розподільної мережі, а, відповідно, і параметрів її режиму з урахуванням невизначеності інформації. Отримані результати дали можливість врахувати фактор невизначеності при визначенні таких показників як втрати потужності і електричної енергії, очікувана величина недовідпущеної електроенергії (що характеризує надійність електропостачання) та надати відповідні оцінки у вигляді нечітких множин з трапецієдальними і трикутними функціями належності.

З метою оцінки характеру впливу ДРГ на відхилення напруги, з огляду на різноманіття можливих ситуацій, пов'язаних як з переналаштуванням (в тій чи іншій мірі) засобів регулювання напруги, так можливістю отримання не тільки позитивного, але і негативного ефекту, були використані відповідні лінгвістичні експертні оцінки. Аналогічний підхід було застосовано і для оцінки очікуваних витрат, пов'язаних з необхідністю переналаштування засобів релейного захисту та автоматики, викликаним появою в мережі ДРГ.

Таким чином, кожен з варіантів застосування ДРГ оцінювався чотирма критеріями, кожен їх яких характеризувався відповідними нечіткими множинами.

Для порівняння альтернативних варіантів інтеграції ДРГ в електричні мережі була проведена адаптація методів TOPSIS і VIKOR до умов, коли вихідні дані представлені нечіткими множинами.

Ідея паралельного використання декількох методів багатокритеріального ранжування альтернатив полягає в наступному. Хоча обидва зазначених метода визначають оптимальне рішення на основі оцінки відстані до, так званого, ідеального рішення, але при цьому зазначена оцінка інтерпретується по-різному. У зв'язку з цим в разі збігу рядів ранжирування альтернатив, отриманих при використанні кожного з методів, є великі підстави для аргументованого вибору оптимального рішення. В іншому випадку виникає необхідність в проведенні додаткових досліджень.

Важливе місце в алгоритмах багатокритеріального порівняння альтернатив займають питання можливості ранжирування ступеня важливості кожного з врахованих при цьому критеріїв. У проведених дослідженнях для цієї мети використовувалося кілька процедур.

Найбільш поширеним на практиці є підхід, пов'язаний з використанням експертних оцінок. Це можуть бути як детерміновані бальні оцінки або оцінки, отримані в процесі попарного порівняння важливості окремих факторів (процедура Саати), так і лінгвістичні оцінки, які представляють у вигляді відповідних нечітких множин. Останній варіант було застосовано при виконанні експериментальних розрахунків.

Разом з тим в даному випадку найбільший інтерес представляє метод, заснований на оцінці ентропії інформації, що використовується при вирішенні конкретної задачі. При цьому з'являється можливість об'єктивної оцінки ступеня важливості критеріїв на основі міри їх впливу на прийняття рішення.

Були проведені експериментальні розрахунки, які показали досить високу ступінь подібності отриманих рядів ранжирування при всіх перерахованих умовах, де певні розбіжності мали місце тільки для варіантів, які мали низькі ранги. Таким чином, можна було з високим ступенем обґрунтованості вибрати єдиний оптимальний варіант, який найбільш гармонійно задовольняє вимогам усіх розглянутих критеріїв.