

ОПТИМАЛЬНЕ КЕРУВАННЯ ВІДНОВЛЮВАНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ НА ПІДСТАВІ *SMART GRID*

В.В. Кулик, О.Б. Бурикін, Ю.В. Малогулко

Вінницький національний технічний університет

Вступ

Сучасні світові тенденції щодо децентралізації електропостачання споживачів, які пов'язані зі збільшенням вартості традиційних паливних ресурсів і проявляються у підвищенні частки розосередженого виробництва електроенергії за допомогою відновлювальних джерел (ВДЕ), призводять до ускладнення планування режимів електроенергетичних систем (ЕЕС) та оперативного керування ними. Крім того, поєднання означених вище процесів з реформуванням економіки енергетики – впровадженням системи двосторонніх договорів – фактично унеможливорює організацію ефективного функціонування ЕЕС без вдосконалення їх інформаційної інфраструктури з поступовим переходом до концепції інтелектуальних електричних мереж (*Smart Grid*) [1].

Сучасні реалізації елементів *Smart Grid* у ряді країн [2, 3] дають можливість стверджувати, що технологічно такі системи створюють передумови для вискоелективного використання ВДЕ для розв'язання як локальних (забезпечення максимального прибутку від їх експлуатації), так і загальносистемних (підвищення якості функціонування розподільних електричних мереж) задач. Відповідно до концепції *Smart Grid* [2], усі учасники та організатори процесу енергообміну в ЕЕС можуть бути розподілені між сферами діяльності, або так званими доменами.

Основні функції доменів, пов'язаних з роботою відновлювальних джерел електроенергії в розподільних мережах, показано на рис. 1. Домен «Розосереджене генерування» об'єднує електричні станції, у тому числі ВДЕ різних типів, що видають електроенергію у розподільні електричні мережі. Його основним завданням є підвищення ефективності виробництва електроенергії такими джерелами. Особливі складності виникають на шляху оптимізації функціонування вітрових (ВЕС) та сонячних електричних станцій (СЕС), оскільки їх режими визначаються стохастичним впливом навколишнього середовища, й при цьому практично неможливо запасати первинну енергію (як, наприклад, у випадку малих ГЕС). Описаний домен пов'язаний інформаційними потоками з доменами керування, організації функціонування ринку електроенергії, а також доменом транспортування електроенергії. Інформаційний зв'язок з останнім є найбільш важливим,

оскільки транспортний домен функціонально виконує, сумісно з іншими доменами, збір і обробку інформації, захист обладнання, оптимізацію функціонування та інше.

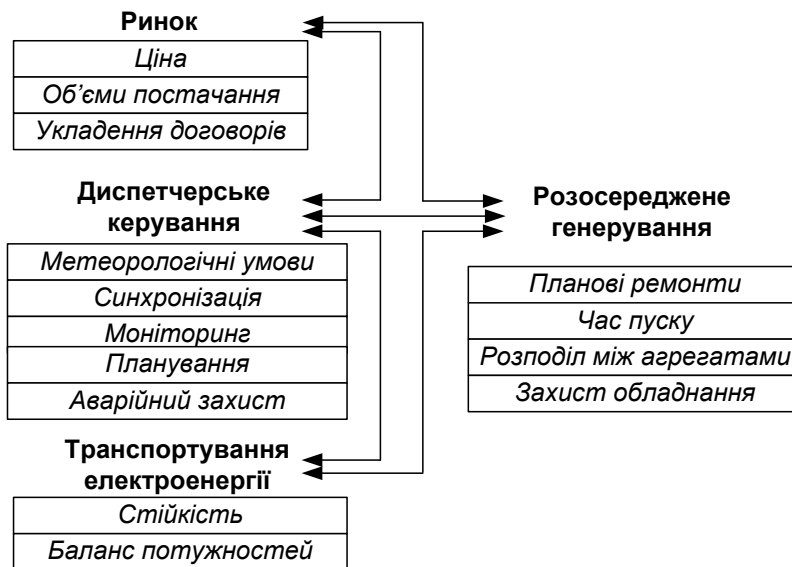


Рисунок 1 – Основні функції окремих доменів *Smart Grid* пов'язаних з генеруванням електроенергії за рахунок відновлюваних джерел

Інформаційні зв'язки дозволяють на рівні диспетчерського керування враховувати експлуатаційні особливості різних електричних станцій, що використовують відновлювані джерела енергії, особливо ВЕС та СЕС, процес виробництва електроенергії на яких має ряд особливостей технічного та організаційного характеру. Інформаційні зв'язки з доменом «Ринок» дозволяють узгоджувати задачі оперативної оптимізації режимів ЕЕС з заявленими обсягами постачання електроенергії за умовами двосторонніх договорів, кон'юктурою ринку електроенергії, коригуванням цін на постачання електроенергії та інші системні послуги.

Оптимальне керування роботою ВДЕ за умов двосторонніх договорів

Оптимізація функціонування ВДЕ здійснюється за рахунок реалізації планової послідовності керувальних впливів, отриманих шляхом розв'язання відповідних оптимізаційних задач з інтегральним критерієм якості на певному часовому проміжку. Для їх розв'язання, враховуючи стохастичний характер зовнішніх впливів навколишнього середовища, параметри генерування окремих розосереджених джерел, зокрема ВЕС та СЕС представляються математичними очікуваннями. Останні визначаються на підставі поточних та прогнозних (до чотирьох діб) ме-

теоретичних параметрів, значення яких забезпечуються сумісно доменами «Транспортування електроенергії» та «Диспетчерське керування». Крім того результати прогнозування метеопараметрів використовуються для оцінювання перспективного електроспоживання, що необхідно для врахування обмежень щодо балансу електроенергії. Виходячи з цього концепція *Smart Grid* передбачає розроблення узагальненого механізму прогнозування погодних умов для планування споживання та граничних обсягів виробництва електроенергії.

Децентралізація електропостачання з укладенням двосторонніх договорів між представниками власників ВДЕ та споживачами електроенергії накладає певні обмеження на роботу доменів «Диспетчерське керування» та «Транспортування електроенергії». Основним показником ефективної роботи ВДЕ загалом є економічний ефект (наприклад, чистий прибуток) від реалізації виробленої електроенергії.

Залежно від умов експлуатації таких станцій (умов договорів на приєднання до мереж посередника, а також двосторонніх договорів) критерій оптимальності керування режимами ВДЕ може враховувати втрати електроенергії на її транспортування у вигляді стабільної ставки у грошовому або натуральному виразі, або як результат аналітичних розрахунків з урахуванням режиму роботи та топології електричних мереж (ЕМ). Останнє потребує виділення з сукупних балансових втрат електроенергії, що забезпечуються інформаційною підсистемою домену «Транспортування електроенергії» втрат, зумовлених функціонуванням окремих ВДЕ, або їх груп (часто у вигляді математичного очікування, або інтервальних оцінок). Останнє можливо за допомогою методів розподілу втрат потужності [4].

На практиці використовують ряд методів, серед яких слід виділити запропонований у [4] метод визначення комплексної матриці коефіцієнтів розподілу втрат потужності. На відміну від інших методів, цей не використовує припущення про відсутність спаду напруги в ЕМ, тому дозволяє забезпечувати високу адекватність виділення втрат електроенергії, зумовлених її транспортуванням від ВДЕ, та дає можливість визначити втрати потужності пов'язаних з виконанням умов окремого двостороннього договору. Останнє є необхідним для коректного розв'язання оптимізаційних задач, пов'язаних з функціонуванням розосереджених джерел енергії.

Залежно від електричної відстані до споживача, з яким укладено договір на постачання електроенергії, конфігурації ЕМ, графіків споживання інших споживачів та сукупного споживання втрати електроенергії можуть змінюватись. Ця обставина має враховуватися у тарифі на транспортування, а в кінцевому ви-

падку, у ціні на електроенергію. Виходячи з цього, засобами домену «Диспетчерське керування» змінюючи шляхи протікання електроенергії (з урахуванням умов договору на її постачання), завантаженість окремих перетинів тощо, можна коригувати кінцеву вартість електроенергії для споживача. Таким чином, стає можливим отримання додаткового прибутку за рахунок ефектної взаємодії енергоринку та енергопостачальних компаній.

Для розв'язання задач оптимізації функціонування ВДЕ з асинхронними генераторами слід враховувати той факт, що останні є споживачами реактивної потужності. Причому нелінійна залежність її споживання від генерації активної може призводити до неспіврозмірного зростання відносних втрат електроенергії за низького корисного відпуску електроенергії станцією.

Висновки

1. Виробництво електричної енергії за рахунок відновлюваних джерел її транспортування та розподіл в умовах децентралізації генерування пов'язані з необхідністю узгодження інтересів окремих учасників енергообміну. Ця комплексна задача може бути розв'язана шляхом розвитку інформаційної інфраструктури та інтелектуалізації систем керування на підставі *Smart Grid*.

2. Втрати електроенергії на її транспортування від ВДЕ до ЕМ енергоринку, або до окремого споживача згідно договору на її постачання можуть виступати важелем впливу на функціонування таких станцій. Його ефективне використання може забезпечити участь ВДЕ у вирішенні комплексної задачі підвищення якості функціонування ЕМ на взаємовигідних умовах.

Література

1. Б.С.Стогній, О.В.Кириленко, С.П.Денисюк, Інтелектуальні електричні мережі електроенергетичних систем та їхнє технологічне забезпечення // Технічна електродинаміка. – 2010. – № 6. – С. 44–50.

2. *NIST Releases Report on Smart Grid Development // National Institute of Standards and Technology (USA) – Recognized Standards for Inclusion In the Smart Grid Interoperability Standards Framework, Release 1.0* (електронний ресурс).

Режим доступу: http://collaborate.nist.gov/twiki-sggrid/bin/view/_SmartGridInterimRoadmap/InterimRoadmapFinal

3. *European Smart Grids Technology Platform // European Commission. Directorate-General for Research Sustainable Energy System, EUR 22040, 2006. – 44 p.*

4. Лежнюк П.Д., Кулик В.В., Бурикін О.Б. Взаємовплив електричних мереж в процесі оптимального керування їх режимами:

Монографія. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008. –123 с.