

І.Ю. Бойко, аспірант, ORCID 0000-0002-8044-137X
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АКТУАЛЬНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ТАРИФІКАЦІЇ ДЛЯ ГЕНЕРУЮЧИХ СИСТЕМ MICROGRID

Електроенергетика України є технологічно складною, територіально розгалуженою системою, що поєднує електрогенеруючі станції, Об'єднану електроенергетичну систему (ОЕС) та розподільчі електричні мережі країни. Рівень розвитку електроенергетичного комплексу має визначальний вплив на стан економіки в державі, на вирішення проблем соціальної сфери і рівень життя людей. І не випадково енергетичну незалежність завжди пов'язують з національною безпекою держави. Електроенергетичний комплекс України був сформований як складова частина електроенергетичного комплексу ЄСРП і тому не в повній мірі відповідає вимогам до енергокомплексу незалежної держави. Потребує суттєвої зміни структура генеруючих потужностей. Стратегічною метою розвитку електроенергетичного комплексу є його докорінна перебудова на засадах новітніх технологій із забезпеченням маневреності, енергетичної та економічної ефективності, екологічної прийнятності, зовнішньої конкурентоспроможності та ринкових умов функціонування, що забезпечить стале, надійне, безпечне, якісне постачання електричної енергії галузям економіки і соціальної сфери країни. Регулювання ціни на енергоринку наразі відбувається в статистиці, що не дозволяє здійснювати оцінку динамічної зміни тарифної ціни електроенергії у локальних ізольованих системах. При стрибкоподібній зміні потужності ізольованої енергогенеруючої системи відбувається зміна тарифної ціни електроенергії, яка не може бути врахована при використанні статичних моделей. Для вищевказаного прикладу постає питання необхідності застосування моделей динамічної тарифікації, що включатимуть наявність перехідних процесів при зміні режимів роботи генератора та їх вплив на відхилення реальних значень економічних параметрів системи. Динамічний вплив електротехнічних параметрів генеруючої системи на економічні є визначним фактором для відмови від загальноприйнятої погодинної тарифікації у енергомережах України через її збитковість. Актуальним є використання моделі гнучкої динамічної тарифікації, що дозволить забезпечити адекватну тарифну ціну електроенергії.

Ключові слова: SmartGrid, енергогенеруюча система, статична тарифікація, динамічна тарифікація.

Вступ

Світовий досвід модернізації електромереж показав, що сучасна електрична мережа має інтегрувати різноманітні види генерації (у тому числі й малу генерацію) та багато типів споживачів для ситуаційного керування попитом на їх послуги; змінювати в режимі реального часу параметри і топологію мережі за поточними режимними умовами; забезпечувати розширення ринкових можливостей інфраструктури шляхом взаємного надання послуг суб'єктами ринку та інфраструктурою; мінімізувати втрати, розширювати системи самодіагностики і самовідновлення при виконанні умов надійності та якості електроенергії; інтегрувати електромережеву та інформаційну інфраструктури для створення всережимної системи керування з повномасштабним інформаційним забезпеченням; швидко змінювати керуючі впливи енергосистеми. Все це досягається за рахунок використання у енергосистемі пристроїв силової електроніки.

Одним із важливих завдань з оптимізації ОЕС України є питання тарифікації електроенергії, що буде взаємовигідною для виробників, постачальників та споживачів електричної енергії. Регулювання ціни на енергоринку наразі відбувається в статистиці, що не дозволяє здійснювати оцінку динамічної зміни тарифної ціни електроенергії у локальних ізольованих системах. При стрибкоподібній зміні потужності локальної енергогенеруючої системи відбувається зміна тарифної ціни електроенергії, яка не може бути врахована при використанні статичних моделей. Актуальним завданням є створення динамічної моделі, яка поєднує, з одного боку, енергетичні показники енергогенеруючої системи, а з іншого - економічні показники замкненої макроекономічної системи.

Мета та завдання

Метою роботи є аналіз моделі тарифікації електроенергії, прийнятої в Україні. Для усунення недоліків діючої статичної погодинної тарифікаційної моделі було поставлено завдання: провести аналіз існуючих моделей динамічної тарифікації.

© І.Ю. Бойко, 2019

Тарифікація в енергосистемі України

До травня 1995 в електроенергетиці України використовувалася регульована вертикально-інтегрована монополія. Указом Президента № 244/94 від 21 травня 1995 створено оптовий ринок електроенергії (ОРЕ), в основу якого покладено модель енергетичного пулу Англії та Уельсу [1]. В англо-уельській моделі оптового ринку електроенергії, прийнятої в Україні, суттєвим елементом є ринковий механізм ціноутворення на покупну електроенергію по годинах доби, реалізований на конкурентній основі через подачу цінових заявок і включення в диспетчерський графік енергоблоків ТЕС в міру зростання їхньої заявленої вартості. Розвиток конкурентних відносин в електроенергетичній галузі України пов'язаний із впровадженням моделі конкурентного ринку електроенергії, а саме ринку двосторонніх договорів та балансуєного ринку(БР) [2]. До основних сегментів ринку належать: ринок двосторонніх договорів, біржа електроенергії (ринок на добу вперед), балансуєний ринок та ринок допоміжних послуг, а також сегмент урегулювання небалансів купівлі-продажу електроенергії.

• **Двосторонні договори** укладаються між виробниками та постачальниками електроенергії та визначають умови, обсяги та ціни для учасників РДДБ.

• **Біржа електроенергії** є системою відносин між учасниками РДДБ та функціонує на основі механізму аукціону, дозволяючи скоригувати попит та пропозиції із закупівлі та виробництва електроенергії на добу наперед.

• **Балансуєний ринок електроенергії** є системою відносин між системним оператором і учасниками цього ринку, що функціонує у режимі, близькому до реального часу, з метою забезпечення фізичного та фінансового урегулювання небалансів електроенергії.

• **Ринок допоміжних послуг** існує задля придбання системним оператором допоміжних послуг, таких як регулювання частоти та активної потужності, регулювання напруги та реактивної потужності у об'єднаній енергосистемі України.

Середньозважена ціна, за якою оптовий ринок електроенергії купує електроенергію у виробників, формується на кожну годину майбутніх діб з урахуванням передбачуваної структури її виробництва на ТЕС, АЕС, ГЕС, ВЕС та інших виробниках [3]:

$$U_{op} = \frac{E_{TEC} \cdot U_{TEC} + E_{AEC} \cdot U_{AEC} + E_{GEC} \cdot U_{GEC} + E_{TEC} \cdot U_{TEC} + E_{BEC} \cdot U_{BEC} + E_{инш} \cdot U_{инш}}{E_{TEC} + E_{AEC} + E_{GEC} + E_{TEC} + E_{BEC} + E_{инш}}, \quad (1)$$

де $U_{GEC}, U_{TEC}, U_{BEC}, U_{инш}$ - контрактні закупівельні ціни на електроенергію у ГЕС, ТЕС, ВЕС та інших виробників, грн / МВт · год;

$E_{TEC}, E_{AEC}, E_{TEC}, E_{BEC}, E_{инш}$ - обсяги закуповуваної електроенергії у виробників в розрахунковий період, МВт · год.

Оптова ринкова ціна на постачання електроенергії формується погодинно і визначається як середньозважена, виходячи з собівартості закупівлі та розподілу електроенергії. Зокрема до уваги беруть такі компоненти:

- вартість електричної енергії всіх виробників, які продають електричну енергію на оптовому ринку;
- вартість електричної енергії, що імпортується;
- вартість електричної енергії на оптовому ринку для подальшого експорту;
- витрати на диспетчеризацію та утримання магістральних і міждержавних електромереж;
- витрати на забезпечення функціонування оптового постачальника;
- обсяг дотацій для компенсації витрат, пов'язаних з поставкою електричної енергії пільговим категоріям споживачів, затвердженому НКРЕ;
- обсяг зборів у вигляді цільової надбавки до діючого тарифу на електричну енергію;
- обсяг інвестицій на будівництво, реконструкцію і модернізацію енергетичного обладнання виробників, на фінансування розвитку нетрадиційних джерел електроенергії [4].

Відповідно до Умов та Правил здійснення підприємницької діяльності з постачання електроенергії на основі оптової ціни обласні енергопостачальні компанії розраховують роздрібні тарифи на електроенергію за класами напруги (1 клас -154-35 кВ і 2 клас-10-0,38 кВ) по формулі:

$$T_{ij} = \frac{U_o}{(1 - k_1) \cdot (1 - k_2)} + T_j^M + T_j^N, j = 1, 2, \quad (2)$$

де і-група споживачів; j-клас напруги розподільних мереж; U_o - оптова ціна продажу електроенергії на розрахований період; k_1, k_2 - економічні коефіцієнти втрат на її транспортування; T_j^M - тариф на передачу

енергії у розподільчих мережах відповідного класу напруги та T_i^p – тариф на постачання i –му споживачу [5].

Постановою НКРЕ від 22.09.2010 № 1267 ставка зонного тарифу для споживачів j -го класу напруги визначається шляхом множення роздрібного тарифу для споживачів j -го класу напруги T_j на тарифний коефіцієнт k_t відповідного періоду доби [6]:

$$T_j^t = T_j \cdot k_t, j = 1, 2; t = н, пп, п. \quad (3)$$

Величини тарифних коефіцієнтів і тривалість зонних періодів наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Величини тарифних коефіцієнтів та тривалість зонних періодів.

Період часу	Тарифні коефіцієнти	Тривалість періоду, год.
Нічний	0,25	7
Полупіковий	1,02	11
Піковий	1,8	6

Отже, на сьогодні регулювання ціни на енергоринку відбувається в статистиці, виходячи із встановленої на певному інтервалі часу вартості [7], не дозволяє враховувати наявність значної частини перехідних процесів, що спричиняють значне відхилення реальної тарифної ціни від встановленої. Актуальним є створення гнучкої динамічної тарифікації, що дозволить забезпечити адекватну тарифну ціну електроенергії.

Динамічна тарифікація

Проблема розробки динамічної тарифікації постала набагато раніше. Вперше динамічні моделі тарифів були представлені у загальному теоретичному вигляді як спот-ціни, для того, аби включити питання оптимального зворотного зв'язку із промисловими споживачами і впливу масштабного впровадження таких тарифів на криву корисного навантаження. Для впровадження такої тарифікації споживачам необхідно мати здатність гнучкої і динамічної відповіді. Хоча наразі обладнання для цього легко доступне, теоретичні моделі і програмне забезпечення досі відсутні. Необхідне дослідження впливу зворотного зв'язку між постачальником та споживачами електроенергії на криву корисного навантаження. В результаті досліджень [8,9] були розроблені інтегровані моделі реагування споживачів та теорія прогнозування тарифної ціни в динамічних умовах, що створюються за допомогою динамічного ціноутворення на електроенергію. Вони представлені в якості додатків до орієнтованих інженерних моделей, які конкретизують в основному концептуальні і теоретичні роботи на тему ціноутворення в режимі реального часу, які вже з'явилися в літературі. Корисність моделей реагування споживачів було проілюстровано на прикладі промислових підприємств. Нажаль, основне допущення існуючих моделей [8,9] полягає в тому, що час старту і зупинки енергогенератора досить малий, що дає змогу прирівняти його до нуля.

Добре відомо, що, з огляду на мережу, яка може бути обмежена напругою або реальними потоками потужності, резерви також повинні просторово розташовуватися так, щоб впоратися з усіма непередбаченими обставинами. Проте, на сьогоднішній день не існує достовірного наукового методу для розташування та тарифікації таких резервів. У роботі [10] представлено новий алгоритм планування обмежень, що накладаються із міркувань безпеки мережі, які включають в себе один базовий випадок неушкодженої системи і список можливих непередбачених обставин (лінійне перевищення, втрата блоку, зростання навантаження) системи. Дотримуючись процедури мінімізації витрат, потужність і резерви виділяються просторово для комбінованих енергетичних і резервних ринків. Із застосуванням множників Лагранжа, отриманий алгоритм планування демонструє тінюві локальні ціни для резервів енергії. На відміну від інших методів, де ціноутворення зазвичай тимчасові і засновані на інженерних рішеннях і досвіді, запропонований метод, ймовірно, краще працюватиме в реструктурованих ринках, коли ринкова потужність є потенційною проблемою. Розглянутий розширений метод оптимального перетоку потужності може бути застосований для тарифікації у режимі реального часу.

У новому нерегульованому енергетичному ринку, із урахуванням стимулів, що надходять від технічних і економічних областей, доцільно розглянути розподілену генерацію (DG) в якості життєздатного варіанта рішення проблем перебоїв електричного живлення. У ході наукової роботи [11] була створена математична модель планування системи розподілу, що включає в себе три варіанти планування розширення системи. Запропоновані методи відповідають вимогам зростання навантаження за розумною ціною, а також

системним проблемам якості електроенергії. Розподілена генерація може бути використана як привабливий варіант планування, особливо в поєднанні з регулятором напруги і переривчастим навантаженням. У створеній математичній моделі цільова функція включає інвестиційні витрати, які оцінюються як загальна річна вартість плюс загальні експлуатаційні витрати, а також вартості урізаних навантажень і втрат.

Представлена у роботі [12] схема тарифікації енергогенератора у реальному часі базується на актуальних станах системи, що прогнозовані у погодинних сценаріях, та розрахованих тарифних цінах для цих станів. Даний підхід не враховує короткотривалі перехідні процеси при зміні режиму роботи енергогенератора. Також недоліком даної моделі є її лінійність, що відзначається авторами. Одним із підходів до створення динамічної тарифікації є регулювання механізмів ціноутворення на основі оптимального управління [13]. Формування тарифної ціни обов'язково повинне базуватись на динамічних моделях, що правильно включатимуть динамічний характер регулювання потужності системи і стимулювання відповідних бажаних дій. Підхід базується на лінійній квадратичній регуляції, що використовується для моделювання фізичних процесів енергогенеруючої системи, лінеаризованих у околі робочої точки. Такий метод має ряд обмежень, серед яких можна відмітити наявність мертвих зон і жорстких обмежень, наприклад, на лінійну зміну фізичних характеристик, а також наявність непередбачених обставин, що є основним джерелом помилок. У якості ще одного підходу до реалізації гнучкого формування тарифної ціни представлено стратегію централізованого управління енергогенеруючою системою у складі Microgrid, за допомогою ціноутворення в реальному часі [14]. Запропонований підхід визначає графік ціноутворення у Microgrid на добу наперед, з метою максимізації прибутку. Щоб досягти даної мети, навантаження умовно вважається гнучким і здатним миттєво змінюватися. Запропонована модель була оцінена за допомогою моделювання в різних сценаріях з різними матрицями еластичності. Отримані результати операційних витрат Microgrid і прибутку були порівняні до і після використання наведеної стратегії управління. Для подальшого розвитку моделі необхідно врахувати нелінійність базових параметрів, таких як енергія вітру і сонячна енергія. Крім того, необхідно враховувати динамічну зміну навантаження і відповідні перехідні процеси.

Інша ідея створення тарифікації у реальному часі полягає в тому, щоб визначити механізм ціноутворення на загальному рівні енергосистеми, аби спростити підтримку і вимоги до об'єднаної групи різних видів розподіленої генерації і об'єднаної групи різних видів споживачів відповідно [15]. В даному випадку споживачі прийняті у якості керованих навантажень (які можуть бути скинуті), і некерованих навантажень. Ринкова ціна є найнижчою ціною, отриманою при перетині кривої пропозиції і лінеаризованих кривих попиту (рис. 1).

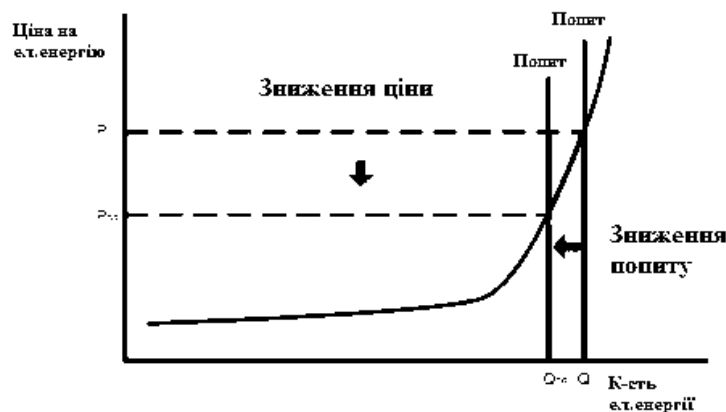


Рис. 1 Крива пропозиції та лінеаризовані криві попиту

Така ціна зазвичай задовільняє постачальників електроенергії і споживачів. Пропозиції продажу сортуються від найнижчої ціни до найвищої, тобто, у зростанні від низу до верху. Беручи до уваги, що пропозиції закупівлі влаштовані від їх найвищої ціни пропозиції до найнижчої ціни пропозиції, тобто, спадний замовлення.

Щоб визначити стратегічні результати від контролю майбутніх станів системи і тарифних цін, необхідно використовувати аналіз на основі теорії ігор. Підхід теорії ігор іноді застосовується, аби спроектувати розподілений механізм ціноутворення електроенергії в реальному часі [16]. Аби гарантувати, що постачальник / споживач не втратять прибуток, переходячи від контрактів з фіксованою тарифною ціною до тарифікації в реальному часі, може бути запропонована певна субсидія при укладанні договору. Незважаючи на це, очевидно, що постачальники і споживачі електроенергії обирають пропозиції повністю

розподіленим способом, щоб максимізувати власний прибуток. Запропоновані гарантії механізму ціноутворення при умові, що ринок сходиться за допомогою ітеративного процесу до рівноваги Неша, яка максимізує соціальне забезпечення. Крім того, щоб гарантувати безпечну роботу енергомережі, необхідно використовувати механізм ціноутворення що підвищує стабільність частотного контролю навантаження, і одночасно, підтримує рівновагу попиту-пропозиції, приймаючи до уваги обмеження рівності за допомогою подвійного методу декомпозиції.

Іноді Microgrid може змінити ціну потужності через високі вимоги в певний період. Таким чином, система з інтелектуальними пристроями для повідомлення може отримати сигнал нової тарифної ціни [17]. Очевидна необхідність застосування сенсорів, які дають змогу відслідковувати динамічну зміну параметрів генеруючої системи у реальному часі. На сьогоднішній день розвиток технології SmartGrid дає змогу використовувати розумні сенсори у енергогенеруючих системах. Розумні сенсорні технології дозволяють об'єднаній енергосистемі постачати електроенергію більш ефективно за допомогою динамічного аналізу попиту і пропозиції. У роботі [18] запропоновано схему, що базується на використанні динамічної оцінки (UDP) інтелектуальної мережі, яка дозволяє коригувати тарифну ціну відповідно до використання електроенергії в режимі реального часу. Схема UDP дозволяє використовувати об'єднану енергосистему для посилення цінових вказівок окремим споживачам згідно з їх окремим використанням електроенергії, і використанню енергії всією спільнотою споживачів в режимі реального часу. Також зберігається конфіденційність споживачів, тобто, обмежено розкриття окремого використання електроенергії відносно всієї спільноти. Представлено розширену версію eUDP, із секретними структурами, що дозволяють досягти більш високого рівня конфіденційності за рахунок додаткового обчислення.

Недоліками існуючих моделей [8,9,12,14] можна назвати використання лінеаризованих характеристик та дискретизацію у часі. У інших моделях [19] функції є лінійними та не враховують динамічну зміну генерованої потужності.

Висновки

Регулювання ціни на енергоринку наразі відбувається в статистиці, що не дозволяє здійснювати оцінку динамічної зміни тарифної ціни електроенергії у локальних ізольованих системах. Актуальним завданням є створення динамічної моделі, яка поєднує, з одного боку, енергетичні показники енергогенеруючої системи, а з іншого - економічні показники замкненої макроекономічної системи. Такого роду модель дозволить досліджувати вплив перехідних процесів генератора на зміну вартісних показників економічної системи при зміні рівня потужності, що у подальшому дасть змогу розробити гнучку динамічну тарифікацію для ізольованих систем Microgrid, що працюють у складі енергосистем розподіленої генерації.

Список використаної літератури

- 1.В.Дерзский, В. Скиба. Реформирование рынка в электроэнергетике Украины и ценообразование. - <http://www.energyexpert.com.ua>
- 2.Кириленко О.В., Білінов І.В., Парус Є.В. «Балансуючий ринок електроенергії в Україні та його математична модель» // Техн. електродинаміка. – 2011. - №2. – С. 36-43.
- 3.Постанова НКРЕ від 02.04.2001 № 309 про затвердження порядку визначення тарифів на передачу електроенергії місцевими (локальними) електромережами та тарифів на постачання електроенергії для ліцензіатів з постачання електричної енергії за регульованим тарифом.
- 4.Ірина Коссе. Прозорість та економічна обґрунтованість тарифів на електроенергію – необхідна умова реформи енергетичного сектору України// Економічні аспекти Європейської інтеграції України крізь призму виконання пріоритетів ПДА: експертний аналіз, рекомендації та публічна дискусія. 2012.
- 5.ГНД 34. 09.104-2003 Методика складання структури балансу електроенергії в електричних мережах 0,38-154 кВ, аналізу його складових і нормування технологічних витрат електроенергії, який затверджено наказом № 757 Мінпаливенерго України від 17.12.03.
- 6.Постанова НКРЕ від 22.09.2010 № 1267 щодо затвердження Тимчасового положення про порядок розрахунку економічних коефіцієнтів нормативних технологічних витрат електроенергії.
- 7.М. Shahidehpour, Н. Yamin and Z. Li, Market Operations in Electric Power System. New York: Wiley, 2002.
- 8.А.К. David, Y.C. Lee. DYNAMIC TARIFFS : THEORY OF UTILITY-CONSUMER INTERACTION // IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 3, August 1989
- 9.Goran Koreneff, Anssi Seppala, Matti Lehtonen, Veikko Kekkonen, Erkki Laitinen; Jukka Heli and Erkki Antila. ELECTRICITY SPOT PRICE FORECASTING AS A PART OF ENERGY MANAGEMENT IN DE-REGULATED POWER MARKET // Energy Management and Power Delivery, 1998.
- 10.Jie Chen, James S. Thorp, Robert J. Thomas, Timothy D. Mount. Locational Pricing and Scheduling for an Integrated Energy-Reserve Market // System Sciences, 2003.
- 11.М. Siah, S. Porkar, A. Abbaspour-Tehrani-Fard, P. Poure and S. Saadate. COMPETITIVE DISTRIBUTION SYSTEM PLANNING MODEL INTEGRATION OF DG, INTERRUPTIBLE LOAD AND VOLTAGE REGULATOR DEVICES // Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering 34(6):619-635 • December 2010

12. Steven Wong and J. David Fuller. Pricing Energy and Reserves Using Stochastic Optimization in an Alternative Electricity Market // IEEE Transactions on Power Systems (Volume:22 , Issue: 2) - 2007
13. Joshua A. Taylor, Ashutosh Nayyar, Duncan S. Callaway, and Kameshwar Poolla. Consolidated Dynamic Pricing of Power System Regulation // IEEE Transactions on Power Systems (Volume:28 , Issue: 4) - 2013
14. Hadis Pourasghar Khomami, Mohammad Hossein Javidi. Energy Management of Smart Microgrid in Presence of Renewable Energy Sources Based on Real-time Pricing // Smart Grid Conference (SGC), 2014
15. Arup Sinha, Rabindranath Lahiri, Somenath Byabortta, Shyamapada Chowdhury, Sunetra Chowdhury, Peter Crussley. FORMULATION OF PRICING MECHANISM FOR MICROGRID ENERGY // SmartGrids for Distribution, 2008. IET-CIRED. CIRED Seminar
16. Toru Namerikawa, Norio Okubo, Ryutaro Sato, Yoshihiro Okawa, and Masahiro Ono. Real-Time Pricing Mechanism for Electricity Market With Built-In Incentive for Participation // IEEE Transactions on Smart Grid (Volume:6 , Issue: 6) - 2015
17. Farideh Doost Mohammadi, and Ali Feliachi. Adaptive Price Management in Hybrid Microgrid in Presence of PV and Battery Energy Storage System // 014 IEEE PES T&D Conference and Exposition
18. Xiaohui Liang, Xu Li, Rongxing Lu, Xiaodong Lin and Xuemin Shen. UDP: Usage-Based Dynamic Pricing With Privacy Preservation for Smart Grid // IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID, VOL. 4, NO. 1, MARCH 2013
19. Inam Ullah Nutkani, Wang Peng, Poh Chiang Loh, Frede Blaabjerg. Autonomous Economic Operation of Grid Connected DC Microgrid // 2014 IEEE 5th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems

I. Boiko, PhD, student, ORCID 0000-0002-8044-137X
National Technical University of Ukraine
“Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”

RELEVANCE OF DYNAMIC TARIFFICATION APPLICATION FOR MICROGRID GENERATION SYSTEMS

The electric power industry of Ukraine is a technologically sophisticated, territorially ramified system combining power generating stations, the United Electric Power System (UES) and distribution electric networks of the country. The level of development of the electric power complex has a decisive influence on the condition of the economy in the state, on solving the problems of the social sphere and people's living standards. And it is no accident that energy independence is always associated with the national security of the state. The electric power complex of Ukraine was formed as an integral part of the electric power complex of the USSR and therefore does not fully comply with the requirements for the energy complex of an independent state. The structure of generating capacities requires a significant change. The strategic goal of the development of the electric power complex is its fundamental restructuring based on the latest technologies, ensuring maneuverability, energy and economic efficiency, environmental acceptability, external competitiveness and market operating conditions, ensuring a stable, reliable, safe, high-quality supply of electric energy to the country's economic and social sectors. Price regulation in the energy market now takes place in statics, which does not allow assessing the dynamic changes in the tariff price of electricity in local isolated systems. With a sudden change in the power of an isolated energy generating system, a change in the tariff price of electricity occurs, which cannot be taken into account when using static models. For the above example, the question arises of the need to use dynamic charging models, including the presence of transients when the generator operating modes change and their influence on the deviation of the real values of the economic parameters of the system. The dynamic impact of the electrical parameters of the generating system on the economic ones is a determining factor for rejecting the generally accepted hourly billing in Ukraine's energy networks due to its unprofitability. It is relevant to use a model of flexible dynamic pricing, which will ensure an adequate tariff price for electricity.

Key words SmartGrid, energy generating system, static billing, dynamic billing.

References

1. V. Derz's'kyi, V. Skiba. Reformuvannya rynky v elektroenerhetytsi Ukrayiny ta tsenoobrazovanye. - <http://www.energyexpert.com.ua>
2. Kyrylenko O.V., Blinov I.V., Parus YE.V. «Balansuyuchyy rynek elektroenerhiyi v Ukrayini ta yoho matematychnu model'» // Tekhn. elektrodynamika. - 2011. - №2. - S. 36-43.
3. Postanova NKRE vid 02.04.2001 r. № 309 pro pidtrymku vykorystannya taryfiv na peredachu elektroenerhetychnykh merezh (lokal'nykh korystuvachiv) elektromerezhamy ta taryfamy na rozmishchennya elektroenerhetyky dlya litsenzuvannya z rozmishchennyam elektrychnoyi enerhiyi dlya rehulyatsiyi taryfnykh taryfiv.

4.Iryna Kosse. Prohnoz ta ekonomichna obhruntovanist' taryfiv na elektroenerhetyku - neobkhidna umova reformuvannya enerhetychnoho sektoru Ukrainy // Ekonomichni aspekty Yevropeys'koyi intehratsiyi Ukrainy doviryayut' priorytetu PDA: ekspertnyy analiz, rekomendatsiyi ta publichna dyskusiya. 2012.

5.HND 34. 09.104-2003 Metodyka skladenoho balansu elektroenerhetyky v elektrychnykh vymiryuvannyakh 0,38-154 kV, yoho sklads'ki sklady ta normuvannya tekhnolohichnykh tekhnolohiy elektroenerhetyky, yaki pidtrymuyut'sya nakazom № 757 Minpalivenerho Ukrainy vid 17.12.03.

6.Postanova NKRE vid 22.09.2010 № 1267 rozkryto Tymchasove vykonannya pro porядok vykorystannya ekonomichnykh faktoriv, yaki diyut' inshi elektroenerhetyky.

7.M. Shahidehpour, H. Yamin and Z. Li, Market Operations in Electric Power System. New York: Wiley, 2002.

8.A.K. David, Y.C. Lee. DYNAMIC TARIFFS : THEORY OF UTILITY-CONSUMER INTERACTION // IEEE Transactions on Power Systems, Vol. 4, No. 3, August 1989

9.Goran Koreneff, Anssi Seppala, Matti Lehtonen, Veikko Kekkonen, Erkki Laitinen; Jukka Heli and Erkki Antila. ELECTRICITY SPOT PRICE FORECASTING AS A PART OF ENERGY MANAGEMENT IN DEREGULATED POWER MARKET // Energy Management and Power Delivery, 1998.

10.Jie Chen, James S. Thorp, Robert J. Thomas, Timothy D. Mount. Locational Pricing and Scheduling for an Integrated Energy-Reserve Market // System Sciences, 2003.

11.M. Siah, S. Porkar, A. Abbaspour-Tehrani-Fard, P. Poure and S. Saadate. COMPETITIVE DISTRIBUTION SYSTEM PLANNING MODEL INTEGRATION OF DG, INTERRUPTIBLE LOAD AND VOLTAGE REGULATOR DEVICES // Iranian Journal of Science and Technology Transaction B: Engineering 34(6):619-635 • December 2010

12.Steven Wong and J. David Fuller. Pricing Energy and Reserves Using Stochastic Optimization in an Alternative Electricity Market // IEEE Transactions on Power Systems (Volume:22 , Issue: 2) - 2007

13.Joshua A. Taylor, Ashutosh Nayyar, Duncan S. Callaway, and Kameshwar Poolla. Consolidated Dynamic Pricing of Power System Regulation // IEEE Transactions on Power Systems (Volume:28 , Issue: 4) - 2013

14.Hadis Pourasghar Khomami, Mohammad Hossein Javidi. Energy Management of Smart Microgrid in Presence of Renewable Energy Sources Based on Real-time Pricing // Smart Grid Conference (SGC), 2014

15.Arup Sinha, Rabindranath Lahiri, Somenath Byaborta, Shyamapada Chowdhury, Sunetra Chowdhury, Peter Crussley. FORMULATION OF PRICING MECHANISM FOR MICROGRID ENERGY // SmartGrids for Distribution, 2008. IET-CIRED. CIRED Seminar

16.Toru Namerikawa, Norio Okubo, Ryutaro Sato, Yoshihiro Okawa, and Masahiro Ono. Real-Time Pricing Mechanism for Electricity Market With Built-In Incentive for Participation // IEEE Transactions on Smart Grid (Volume:6 , Issue: 6) - 2015

17.Farideh Doost Mohammadi, and Ali Feliachi. Adaptive Price Management in Hybrid Microgrid in Presence of PV and Battery Energy Storage System // 014 IEEE PES T&D Conference and Exposition

18.Xiaohui Liang, Xu Li, Rongxing Lu, Xiaodong Lin and Xuemin Shen. UDP: Usage-Based Dynamic Pricing With Privacy Preservation for Smart Grid // IEEE TRANSACTIONS ON SMART GRID, VOL. 4, NO. 1, MARCH 2013

19.Inam Ullah Nutkani, Wang Peng, Poh Chiang Loh, Frede Blaabjerg. Autonomous Economic Operation of Grid Connected DC Microgrid // 2014 IEEE 5th International Symposium on Power Electronics for Distributed Generation Systems

Надійшла 21.11.2019

Received 21.11.2019