

Інформаційні системи та технології

УДК 621.314:657

Ю.С. Ямненко, д.-р. техн. наук, Т.О. Терещенко, Л.Є. Клепач

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
вул. Політехнічна, 16, каб.313, Київ, 03056, Україна.

Аспекти передачі електроенергії в MicroGrid

У даній статті описуються три аспекти віртуального ринку електричної енергії. Нормативно-правова база альтернативного джерела з використанням в системі енергопостачання, включаючи «зеленого тарифу» представлено. Розрахунок економічних показників для оцінки ефективності різних альтернативних джерел проводиться. Технічне рішення для постійного, змінного і гібридних схем передачі енергії розробляються. Бібл. 8, рис. 6, табл. 3.

Ключові слова: електрична енергія; передача електроенергії; законодавча база; ціна на енергію; передача енергії по DC і AC мережах.

Вступ

Концепція енергетичної системи, побудованої на принципах MicroGrid, полягає у тому, що вона передає не тільки енергію, але й інформацію. У цьому випадку споживач, крім енергії, отримує ряд можливостей про взаємодію з енергосистемою, зокрема може більш гнучко вибирати тарифи [5], планувати енергоспоживання і, як наслідок, знижувати витрати на електроенергію. Тому MicroGrid є зручною платформою для відпрацювання та реалізації передачі електроенергії.

Електрична енергія від альтернативних джерел електроенергії (АДЕ) генерується, споживається і має власну вартість в залежності від типу джерела, якості енергії і особливості потоків енергії циркуляції в електротехнічних системах і комплексів - від приватного домогосподарства до MicroGrid, Smart Grid, енергетичної установки і великої генеруючої станції [1,2,3,5]. Таким чином, електрична енергія може розглядатися як товар на ринку [2]. І, як для будь-якого виду товару, необхідно розглянути три аспекти товару: законодавчу базу, економічну доцільність та технічну реалізацію передачі електроенергії. Саме тому розгляд різних взаємопов'язаних аспектів передачі електроенергії є досить актуальним завданням.

Аспекти передачі електроенергії

Систему електроживлення мережі MicroGrid можна розглядати як ринковий майданчик, в межах якого здійснюється перерозподіл потоків електроенергії. По відношенню до зовнішньої мережі живлення MicroGrid виступає єдиним блоком, що споживає електроенергію, а за наявності альтернативних джерел енергії (АДЕ) – генерує надлишок електроенергії у мережу, якщо така можливість передбачена технічно та організаційно. Як і інший товар електроенергія характеризується економічними, правовими та технічними аспектами свого функціонування (рис.1).

Правові аспекти описують регулювання ринку енергетики в Україні нормативними документами. Економічні аспекти містять економічні моделі навантажень та генераторів, а також методи ціноутворення електроенергії. Технічні аспекти регламентують схемну реалізацію здійснення можливості під'єднання альтернативних джерел до загальної мережі із забезпеченням заданої якості електроенергії та надійності постачання.

Правове регулювання ринку електроенергії

Правове регулювання ринку енергетики в Україні базується на законі "Про електроенергетику" від 16.10.1997 з усіма доповненнями та змінами. Переймаючи світовий досвід з 25 вересня 2008 року внесено доповнення до закону та запроваджено новий термін "зелений тариф" (англ. Feed-in tariff). Ставка "зеленого тарифу" встановлюється Національною комісією регулювання електроенергетики України у розмірі "подвоєного середньозваженого тарифу на електричну енергію, яка закуповується в енергогенеруючих компаній ... за рік, що передує року встановлення тарифу" [6].

У цьому законі у ст.11 "Державне регулювання діяльності в електроенергетиці" відображено загальні аспекти втручання держави в функціонування ринку, які вони є не достатньо

конкретними та спираються на низку інших підзаконних актів. Ст.15 "Оптовий ринок електричної енергії України" по суті зобов'язує купувати всю вироблену електроенергію з альтернативних джерел, а отже "оптовий ринок" є монополістом, який не дає можливості самостійного функціонування господарств, як суб'єктів підприємницької діяльності і унеможливорює вибір покупця для продажу електроенергії належної якості [7]. Ринок сонячної енергетики на 90 %

монополізований однією компанією – Activ Solar [8]. Закон зобов'язав енергопостачальні компанії з 2014 року викуповувати у домогосподарств за "зеленим тарифом" надлишкову електроенергію, вироблену даховими сонячними електростанціями потужністю до 10 кВт, введеними в експлуатацію з квітня 2013 року. При цьому домогосподарствам не доведеться отримувати ліцензію на виробництво електроенергії.



Рис. 1. Правові, економічні та технічні аспекти електроенергії

З приводу відповідальності, то енергопостачальник не є винним перед споживачем у разі переривання постачання електричної енергії, якщо схема живлення споживача на той момент не відповідає нормативно-технічним вимогам. Також, енергопостачальник не несе жодної відповідальності за майнову шкоду, заподіяну споживачу або третім сторонам внаслідок припинення або обмеження електропостачання, здійсненого у встановленому порядку. Якщо ж він порушив умови і правила здійснення ліцензованої діяльності з постачання та інших обов'язків, включаючи зобов'язання щодо забезпечення захисту прав споживачів електроенергії, проведення розрахунків за закуплену електроенергію або із суб'єктом господарської діяльності, що передає належну електроенергію, то національна комісія застосовує певні санкції.

У 2012 році приватні домогосподарства, що встановили сонячні батареї, отримали можливість продавати надлишки енергії, що перевищують їхні власні потреби за підвищеним тарифом. Однак це право протягом тривалого часу було тільки на папері та на сайті Верховної Ради. Ті ж, хто вирішив спробувати на дії європейську практику та встановити сонячні батареї або фото панелі в себе вдома, зупинилися через неможливість оформлення необхідних "дозволів" та інших актів чи умов, які знову й знову встановлювали місцеві облenerго у зв'язку з відсутністю встановленої законом чіткої процедури укладання договорів приватними домогосподарствами. Врешті-решт, 08.08.2014 року були підписані всі необхідні договори і стало можливим під'єднання приватних електростанцій до загальної мережі. Але, однією з проблем є те, що на відміну від "зеленого тарифу" для юридичних осіб, ціна якого закріплена у валюті і за-

раз складає 7.32 грн/кВт без ПДВ, для фізичних осіб ціна тарифу закріплена в гривнях і зараз складає лише 3,89 грн/кВт (4,67 грн - з ПДВ). Для майбутнього ціна тарифу [6] наведена в табл.1.

Таблиця 1. Тариф на електроенергію від сонячних батарей

Термін	Тариф (без ПДВ); – коп/кВт-год
01 квітня 2013 року по 31 грудня 2014 року	389,34
з 01 січня 2015 року по 31 грудня 2019 рік	350,41
01 січня 2020 року по 31 грудня 2024 року	311,47
з 01 січня 2025 року по 31 грудня 2029 року	272,54

Якщо ж звернути увагу на досвід країн з англо-саксонською системою права, то згідно зі світовими аналогами цього закону (National Energy Act, Public Utilities Regulatory Policy Act,...) права приватних домогосподарств охороняються набагато ретельніше та, зазвичай, домогосподарства, що застосовують feed-in tariff більш привілейовані, а держава сама заохочує до використання "зеленого тарифу".

Прецедентне право зобов'язує державу в особі профільних міністерств та організацій дотримуватись певних "норм", які сформувались історично. Це може бути як і забезпечення виплат-компенсацій, відшкодування або часткове зменшення обов'язкових платежів чи будь-яке інше фінансове стимулювання.

У Німеччині 40 % з понад 80 ГВт встановленої потужності генерації електроенергії з відновлювальних джерел належить приватним особам, з них 11 % – фермерським господарствам. Уряд Німеччини заохочував населення, була розроблена чітка та спланована програма розвитку, в рамках якої населення отримувало компенсації частини вартості генеруючи установок, відсотків за кредитами, а надалі – отримало змогу продавати вироблену електроенергію. В результаті – за останні 10 років – німецькі домогосподарства інвестували понад 100 млрд. євро у сонячну енергетику, а батареї були встановлені у понад 100 000 об'єктів.

В Україні ж положення ст. 15 Закону "Про електроенергетику" сформульовані таким чином, що домогосподарства можуть скористатися перевагами "зеленого тарифу" тільки при встановленні геліо-установки із встановленою потужністю до 10 кВт. Ніякі ж інші альтернативні джерела не підпадають під класифікацію "зелений тариф", що неприпустимо для європейських країн.

Правове регулювання ринку енергетики в Україні не задовольняє вимогам ефективного

функціонування віртуального ринку електроенергії. Тому методи визначення і обґрунтування тарифів на електроенергію від альтернативних джерел живлення, такі як сонячні батареї та вітрогенератори, є актуальною задачею.

Економічний аспект передачі електроенергії

Для розрахунку ціни на електроенергію необхідно враховувати наступні техніко-економічні показники різних джерел електричної енергії для систем гарантованого електроживлення [2]:

- питома вартість обладнання (тис.грн./кВт);
- термін експлуатації (роки);
- зведені річні затрати на генерацію 1 кВт встановленої потужності системи енергозабезпечення (грн./кВт);
- собівартість генерації енергії (грн./кВт*год);
- термін окупності (роки);
- можливий прибуток від функціонування (тис. грн.).

Питома вартість обладнання енергетичної установки обчислюється за наступною формулою:

$$B_{пум} = \frac{K_{узм}}{P_H}, \tag{1}$$

де $K_{узм}$ – вартість комплексу обладнання; P_H – номінальна потужність енергетичної установки.

Термін експлуатації енергетичної установки дається виробником обладнання і задається для кожної конкретно взятої установки окремо. В середньому термін експлуатації фото-батарей та вітро-генераторів складає приблизно 15-30 років. Термін використання та дизельних генераторів обмежується кількістю напрацьованих годин і залежить від моделі установки, умов її використання, та ін.

Одними із критеріїв економічної ефективності можна вважати зведені річні витрати на генерацію 1 кВт встановленої потужності системи енергозабезпечення за рік, які можна отримати з виразу:

$$З = \frac{P_H \cdot K_3 + C}{P}, \tag{2}$$

де P – встановлена потужність об'єкта енергозабезпечення (кВт); K_3 – загальні капіталовкладення; P_H – нормативний коефіцієнт рентабельності; C – вартість витрат на технічне обслуговування, експлуатацію, ремонт.

Загальні капіталовкладення K_3 в совою чергу обчислюються як:

$$K_3 = K_{уст} + K_{пр} + K_{мон}, \quad (3)$$

де $K_{уст}$ – вартість комплексу обладнання; $K_{уст}$ – вартість проектних робіт, визначення місця встановлення на місцевості; $K_{мон}$ – вартість будівельних та монтажних робіт, вартість встановлення.

Нормативний коефіцієнт рентабельності в (2) обчислюється як:

$$p_H = 1/T_{експ}, \quad (4)$$

де $T_{експ}$ – гарантований термін експлуатації системи енергозабезпечення;

Собівартість 1 кВт*год електроенергії, генерованої енергоустановкою на базі альтернативних джерел енергії можна обчислити за допомогою наступної формули:

$$C_{уст} = \frac{K(t) + C(t)}{W_{ген}(t)}, \quad (5)$$

де $W_{ген}$ – сумарна згенерована потужність енергоустановкою за деякий термін t ; $K(t)$ – затрати на генерацію енергії на протязі часу t ;

Затрати на генерацію енергії на протязі часу t рівні:

$$K(t) = \frac{K_3}{T_{експ}} \cdot t. \quad (6)$$

В свою чергу сумарна згенерована потужність енергоустановкою за деякий термін t обчислюється як:

$$W_{ген}(t) = \int_0^t P_{ген}(t) dt, \quad (7)$$

де $P_{ген}(t)$ – потужність, що генерується у момент t ;

Отже, на основі приведених вище рівнянь за умови $t < T_{експ}$ собівартість 1 кВт*год електроенергії, генерованої енергоустановкою на базі альтернативних джерел енергії обчислюється за допомогою наступної формули:

$$C_{уст}(t) = \frac{K_3}{T_{експ}} \cdot t + C(t) \int_0^t P_{ген}(t) dt. \quad (8)$$

Термін окупності енергетичної установки за умови $P_{ген} < P_H$ можна обчислити як:

$$T_{окуп}(t) = \frac{K_3 + C(t)}{C_{ел} \cdot W_{ген}(t)}, \quad (9)$$

де $C_{ел}$ – діючий тариф на електроенергію від мережі 220В;

За означенням можливий прибуток від функціонування системи (англ. Profit) – сума, на яку доходи перевищують пов'язані з ними витрати. Тому, прибуток від функціонування енергетичної установки можна обчислити як:

$$П(t) = C_M \cdot W_{ген}(t) - K(t), \quad (10)$$

де C_M – тариф на електроенергію державної мережі загального користування [2].

Порівняльна таблиця ефективності використання системи гарантованого електроживлення на основі різних альтернативних джерел енергії наведена у табл.2.

Таблиця 2. Порівняння системи гарантованого живлення на основі АДЕ

Показник \ Тип альтернатив. джерела	Фотобатарея	Вітрогенератор	Мікротурбіна (газогенератор)	Дизельгенератор
Вартість обладнання, тис. грн.	72,56	87,6	528,5	9,8
Номинальна потужність установки, кВт	2,3	5,1	30	4,5
Питома вартість обладнання (тис.грн./кВт)	31,568	17,176	17,6	2,1
Термін експлуатації (роки)	25	25	-	-
Середня собівартість генерації енергії (грн./кВт*год)	1,21	0,895	0,32	2,6
Термін окупності (роки)	0/16	20/18	-	-
Можливий прибуток від функціонування (тис. грн.)	42,58/ 46,12	61,8/97,57	187,3	-

Отже, на основі приведених даних можна зробити висновок, що найбільш економічно доцільним є використання системи гарантованого електроживлення на основі вітрогенератора чи фотогенератора у поєднанні з дизельним генератором, який забезпечить безперервне функ-

ціонування усієї системи незалежно від погодних умов та гарантує якість електропостачання.

На рис.2 наведена блок-схема системи керування на ринку електроспоживання, завдяки якій споживач може розрахувати ціну на електроенергію та об'єм продажу.

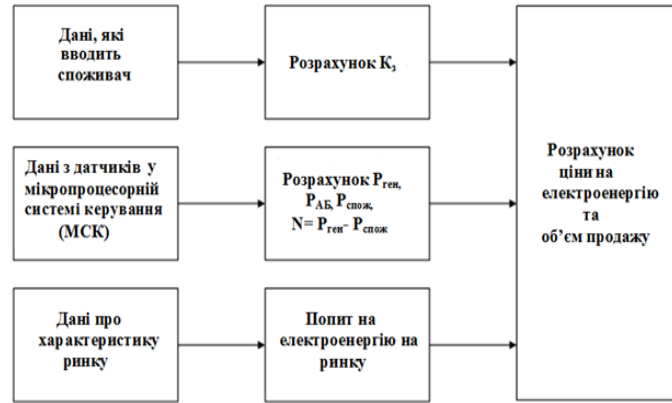


Рис. 2. Система керування на ринку електроспоживання

Для розрахунку ціни було розглянуті наступні методи ціноутворення [2], які показані на рис. 3.

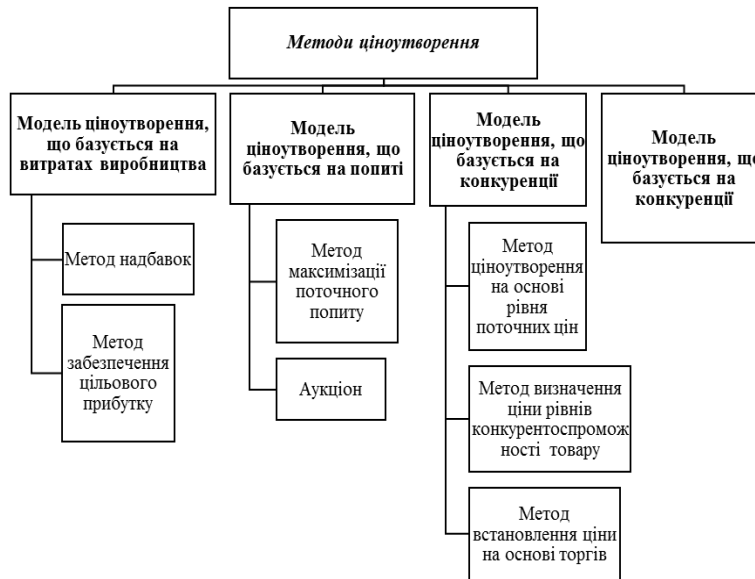


Рис. 3. Методи ціноутворення

Аналіз методів ціноутворення показав, що найефективнішим для розрахунку вартості електроенергії - метод максимізації поточного прибутку, оскільки оснований на законі попиту. За даним методом ціна розраховується за наступною формулою [2]:

$$C = C_{ycm}(t) + \frac{H_{ГПР} \cdot K_{ине}}{100 \cdot N}, \quad (11)$$

де $H_{ГПР}$ - бажана норма прибутку у відсотках; $K_{ине}$ - величина інвестованого капіталу; N - запланований обсяг збуту.

Технічна реалізація передачі електроенергії

Впровадження інтелектуальних мереж з альтернативними джерелами поряд з іншими задачами вирішують задачу технічної реалізації віртуального ринку.

Узагальнена схема реалізація передачі електроенергії в системі MicroGrid, яка об'єднує житлові будинки деякого району, наведено на рис 4. В цій схемі використовується як додатко-

ві лінії DC/AC мережі енергозабезпечення, так і підключення всіх об'єктів ринку до загальної мережі [2].

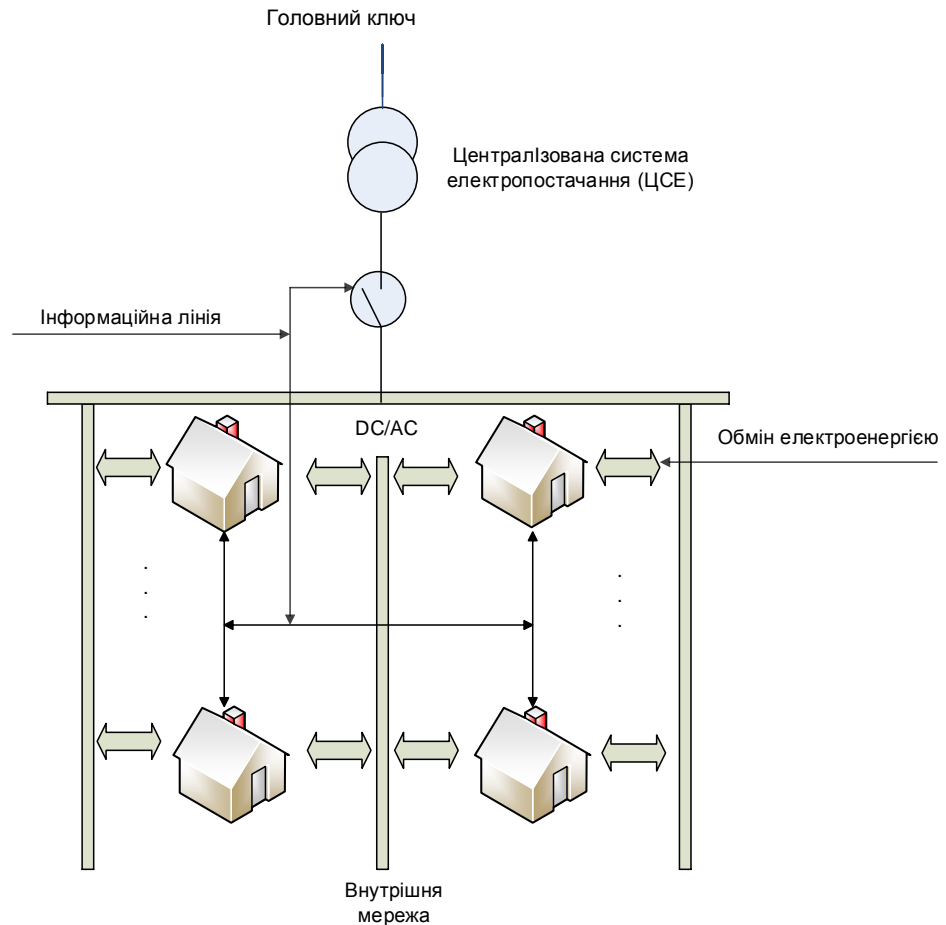


Рис. 4. Система електроживлення з внутрішньою мережею

Технічна реалізація передачі електроенергії залежить від прийнятої схеми передачі - по постійному струму (DC), змінному (AC) або гібридній.

Схема передачі енергії в DC-мережі (на стороні постійного струму) наведена на рис. 5, де АДЕ_i – альтернативні джерела електроенергії, П₁ – перетворювачі «передавача», П₂ – перетворювач параметрів електричної енергії, на виході якого формується синусоїдальна напруга, К₁ – контролери «передавача», К₂ – контролер «приймача», АБ – акумуляторна батарея, КА₁ і КА₂ – контролери заряду/розряду АБ «передавача» та «приймача» відповідно, СК₁ і СК₂ – система керування (центральный блок керування) «передавача» та «приймача» відповідно, $i=1, \dots, N$, де N – кількість АДЕ.

В якості АДЕ_i можуть бути фотогенератори, вітроустановки (ВЕУ), дизельні двигуни, паливні елементи, тощо.

Тип перетворювачів П_i залежить від типу АДЕ, так для фотогенератора – це ШІП з функцією відбору максимальної енергії (MPPT - Maximum power point), для ВЕУ – синхронний генератор та випрямлячі, для АБ – контролер заряду/розряду (КЗР). Перетворювач П₂ являє собою інвертор для живлення споживачів змінного струму.

У загальному випадку перетворювач П_i може, крім обов'язкового перетворювача виду енергії можуть включати додаткові перетворювачі параметрів енергії (табл.3)

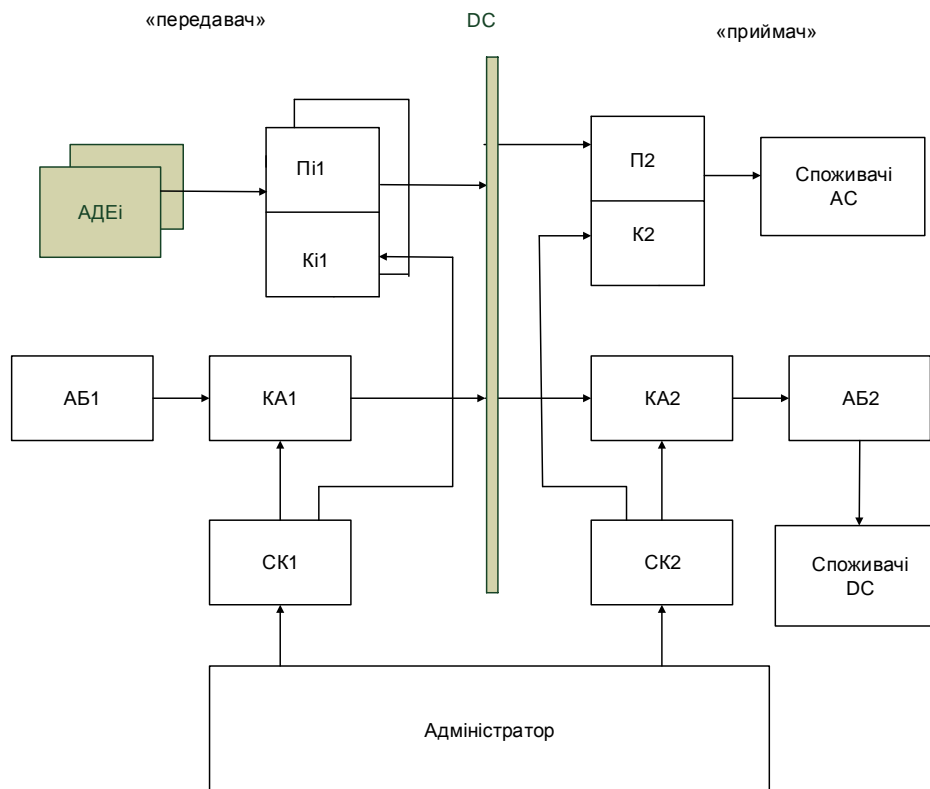


Рис. 5. Схема передачі енергії в DC-мережі

Таблиця 3. Генераторів енергії та типи напівпровідникових перетворювачів MicroGrid

№ п/п	Генератори енергії	Можливе порушення вимог	Тип перетворювача видів енергії	Тип перетворювача параметрів енергії
1.	Двигуни внутрішнього згоряння	Шум, постачання палива, викиди	Синхронний генератор	Випрямляч, безпосередній перетворювач частоти, матричний перетворювач
2.	Газові турбіни			
3.	Мікротурбіни			
4.	Вітрогенератори			
5.	Сонячні батареї	Ресурсо-доступність, шум, складність обслуговування	Фотоелементи	Широтно-імпульсний перетворювач, інвертор
6.	Паливні елементи	Постачання палива	Перетворювач хімічної енергії горіння в електричну	Широтно-імпульсний перетворювач, інвертор

Система керування передачею енергії в MicroGrid системі являє собою 3-рівневу структуру, на верхньому рівні якої знаходиться адміністратор ринку (AP), який керує обміном енергії для всіх об'єктів MicroGrid. Після узгодження ціни та обсягу енергії AP видає установки системам керування нижчого рівня СК1 та СК2 у вигляді обсягу енергії та часових рамок підключення (відключення) до DC-мережі.

На третьому, найнижчому рівні знаходяться контролери перетворювачів К₁, контролер К₂ та контролер заряду/розряду акумуляторних батарей (КА₁ і КА₂) з функцією забезпечення підключення (відключення) в задані моменти часу та лічильника переданої/прийнятої енергії. Зазначимо, що в деяких випадках контролери другого і третього рівнів можуть бути об'єднані і виконані в одному пристрої.

Крім того, на контролер КА₂ накладаються додаткові вимоги [4]:

- стежити за напругою на акумуляторних батареях, включати мережу, якщо напруга знизилася нижче заданого протягом певного проміжку часу
- забезпечити повний зарядний цикл акумуляторів

- відключити мережу після закінчення фаз заряду якщо напруга на акумуляторах стала вище заданої
- мати контактор на максимальний струм, який може бути в системі. Такий контактор не тільки недорогий, але і споживає від мережі помітний струм.

Основною перевагою даної системи є те, що для передачі енергії від АБ або фотобатареї не потрібно перетворювачі DC/AC, що призводить до спрощення та зниження вартості апаратної частини технічної реалізації віртуального ринка.

До недоліків можна віднести:

- необхідність використання додаткової лінії DC;
- обмеження відстані між «продавцем» та «покупцем»;
- неможливість використання типових лічильників електроенергії, оскільки контролюється енергія DC струму.

На рис. 6 показана схема передачі енергії від передавача до приймача AC – мережі (локальної або загальної).

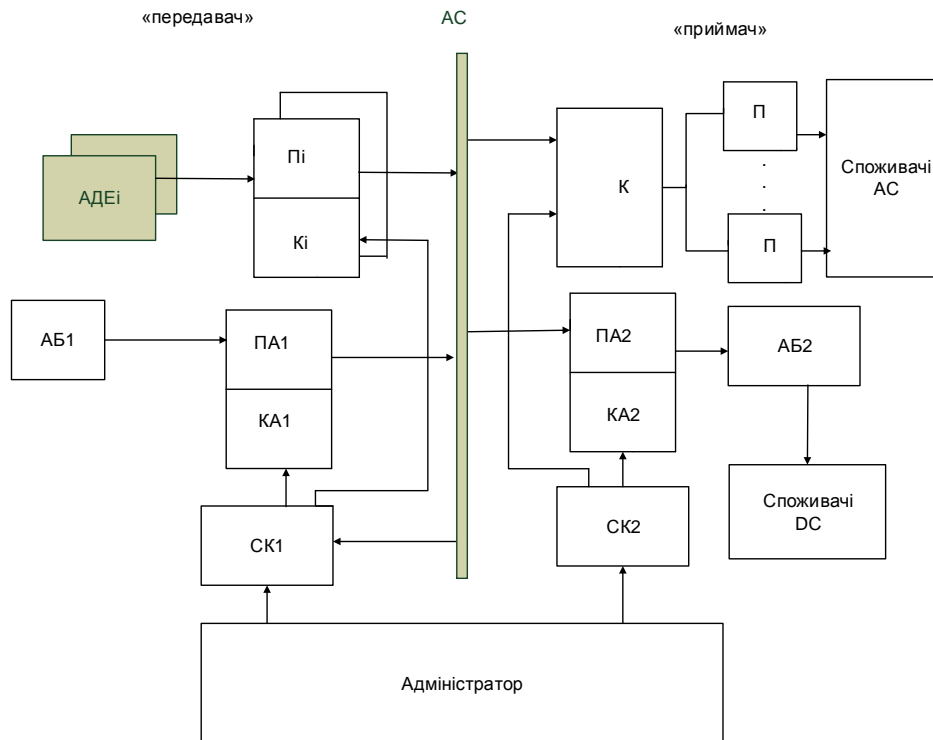


Рис. 6. Схема передачі енергії від продавця до покупця AC – мережі

Перетворювачі Пі та ПА1 мають AC вихід. Так для ФГ Пі являє собою послідовне з'єднання пристроїв відбору максимальної енергії та інвертор. Синхронізація роботи інвертора з мережею показано на рис. 6 лінією від АС до контролера СК1. Перетворювач ПА2 являє собою випрямляч та схему заряд/розряд АБ.

Всі контролери в системі, окрім функції керування своїм перетворювачем, виконують функції лічильника та вмикання/вимикання в заданий час.

Перетворювачі ПА1, повинен бути двоспрямовані, тобто мати можливість приймати енергію з виходу змінного струму. В літературі часто ПА1 називають акумуляторним інвертором, Пі – мережевим інвертором.

Основні переваги системи із з'єднанням по шині змінного струму [4]:

1. Можливість з'єднувати різні компоненти системи по звичайній мережі 220В змінного струму.
2. Низька ціна і доступність масово вироблених мережевих інверторів(Пі1).
3. Можливі великі відстані між елементами системи.
4. При споживанні енергії в денний час - висока ефективність системи.

До недоліків можна віднести наступне:

1. Менша ефективність у порівнянні із DC, якщо потрібно спочатку зберегти енергію в акумуляторах.
2. Ціна мережевого інвертора вище, ніж ціна MPPT контролера. Сучасні MPPT контролери дозволяють використовувати дешевші фотоелектричні модулі в автономних системах, у випадку появи фотобатареї.

3. Залежність роботи мережевого інвертора від роботи акумуляторного інвертора (ПА₁).

У випадку використання гібридних систем з декількома джерелами енергії використовують з'єднання як по шині постійного струму, так і по шині змінного струму.

По ефективності використання енергії з'єднання по постійному і змінному струму відрізняються. Необхідно дотримуватися наступних умов:

- Якщо основне споживання має місце в темний час доби, то енергія повинна зберігатися в акумуляторних батареях. У цьому випадку з'єднання по постійному струму буде більш виправдано.
- Якщо більша частина енергії споживається вдень, тобто коли і сонячні батареї виробляють електрику, то краще застосовувати з'єднання по змінному струмі, тому в цьому випадку буде на одне перетворення енергії менше.

У табл. 3 представлені приклади схематичної реалізації перетворювачів систем передачі електроенергії по постійному струму (DC) (див. рис.5) та змінному (AC) (див. рис.6).

Звичайно, найкращим варіантом буде використання гібридної системи з обов'язкою як по змінному, так і постійному струму. Однак, на практиці, навряд чи має сенс вводити і мережевий інвертор, і контролер заряду тільки лише для того, щоб підвищити вироблення системи на кілька відсотків.

Висновки

1. Аналіз правового аспекту ринку електроенергії в Україні показав необхідність визначення і обґрунтування тарифів на електроенергію від альтернативних джерел живлення.

2. Для розрахунку ціни на електроенергію необхідно враховувати як техніко-економічні показники джерел електричної енергії, так і застосовувати метод максимізації поточного прибутку, оснований на законі попиту.

3. Остаточний вибір технічної реалізації передачі електроенергії (в DC, AC або гібридній мережі) виконує розробник, виходячи із приведених недоліків та переваг з'єднання по DC або AC шинах, а також з урахуванням особливостей функціонування.

Список використаних джерел

1. Якименко Ю.І., Сокол Є.І., Жуйков В.Я., Петергеря Ю.С., Іванін А.Л. Відновлювальні джерела енергії у локальних об'єктах// Київ: ІВЦ «Політехніка», 2001. – 114с.
2. Tereschenko T., Yamnenko J., Klepach L., Peterheria V. Aspects of virtual market of electrical energy/ International Conference on Modern Electric Power Systems 2015 (MEPS'15), 6 – 9 July 2015, Wroclaw, Poland.
3. Жуйков В.Я., Петергеря Ю.С., Терещенко Т.О. Інтелектуальні системи забезпечення енергозбереження житлових будинків. Навчальний посібник // Київ: Медіа-ПРЕС, 2008. – 256 с.
4. Каргієв М.В. Розподілена генерація енергії з використанням відновлюваних джерел енергії // Energy fresh № 1.- 2010. – С. 44-47.
5. Вариводов В.Н., Коваленко Ю.А. Интеллектуальные электроэнергетические системы // Электричество. – 2011. – № 9. – С. 4–9.
6. Закон України «Про електроенергетику» [Електронний ресурс] // Журнал Верховної Ради України - Режим доступу для ресурсу - 2008.: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр>
7. ГОСТ 13109-97 «Електрична енергія. Електромагнітна сумісність технічних засобів. Норми якості електричної енергії в системах електропостачання загального призначення».
8. Statistic magazine of electricity market [Electronic resource] // Active Solar System. – 2015. – Access regime for the resource: activesolar.com.

Поступила в редакцію 03 юня 2016 г.

УДК 621.314: 657

Ю.С. Ямненко, д.-р. техн. наук, **Т.А.Терещенко**, **Л.Е. Клепач**

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»,
ул. Политехническая, 16, каб.313, Киев, 03056, Украина.

Аспекты передачи электроэнергии в MicroGrid

В статье описываются три аспекта виртуального рынка электрической энергии. Нормативно-правовая база альтернативного источника с использованием в системе энергоснабжения, включая «зеленого тарифа» представлено. Расчет экономических показателей для оценки эффективности различных альтернативных источников производится. Техническое решение для постоянного, переменного и гибридных схем передачи энергии разрабатываются. Библ. 8, рис. 6, табл. 3.

Ключевые слова: электрическая энергия; передача электроэнергии; законодательная база; цена на энергию; передача энергии по DC и AC сетях.

UDC 621.314: 657

J. Yamnenko, Dr.Sc., **T. Tereshchenko**, **L. Klepach**

Department of Industrial Electronics of National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute"
Str. Polytechnique, 16, room 313, Kyiv, 03056, Ukraine.

Aspects of the electricity transmission MicroGrid

The paper describes three aspects of virtual market of electrical energy. Legislative base of alternative source using in energy-supply system including "green tariff" is presented. Calculation of economical parameters in order to estimate effectiveness of different alternative source is made. Technical solution for DC, AC, and hybrid energy transmission schemes are developed. References 8, figures 6, tables 3.

Keywords: electrical energy; virtual market; energy pricing; legislative base; DC and AC energy transmitting.

Reference

1. Yakimenko, Y., Sokol, E., Zhuikov V., Peterherya J., Ivanin, A. (2001). Renewable energy in local facilities. Kyiv: "Polytechnic", P.114. (Ukr)
2. Tereschenko, T., Yamnenko, J., Klepach, L., Peterheria, V. (2015). Aspects of virtual market of electrical energy. International Conference on Modern Electric Power Systems 2015 (MEPS'15), 6 – 9 July 2015, Wroclaw, Poland.
3. Zhuikov, V., Peterherya, J., Tereschenko, T. (2008). Intelligent system for energy-saving houses. Tutorial. Kyiv: Media-Press, P.114. (Ukr)
4. Karhiyev, M. (2010). Distributed generation of energy from renewable energy sources. Energy fresh № 1, P. 44-47. (Rus)
5. Varivodov, V., Kovalenko, Y. (2011). Intelligent power systems. Electricity. № 9. P. 4-9. (Rus)
6. The Law of Ukraine. (2008). On Electric Power Industry [Electronic resource]. Journal of Verkhovna Rada of Ukraine - Access to resources: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/575/97-вр> (Ukr)
7. GOST 13109-97. (1997). Electrical energy. Electromagnetic compatibility of technical means. Standards of quality of electric energy in power systems for general purpose. (Ukr)
8. Statistic magazine of electricity market. [Electronic resource]. (2015). Active Solar System. Access regime for the resource: activesolar.com.