

ТИПОЛОГІЗАЦІЯ «РОЗУМНИХ» ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ РІШЕНЬ АДАПТОВАНИХ ДО ОСОБЛИВОСТЕЙ ВІТЧИЗНЯНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖ¹

Вакулєнко І.А., асистент кафедри управління
Сумський державний університет, м. Суми
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна
vakulenko@ssu.edu.ua

Колосок С.І., к.е.н., доцент кафедри управління
Сумський державний університет, м. Суми
вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007, Україна
kolosok@ms.sumdu.edu.ua

У статті розглянуто питання технологічних можливостей розбудови розумних енергетичних мереж в Україні на основі застосування розумних інноваційних та екологічно безпечних рішень для енергетичного комплексу країни. З цією метою здійснено типологізацію інноваційних енергетичних рішень, які застосовуються у країнах Європейського Союзу, Сполучених Штатах Америки та низці інших країн, що активно розбудовують розумні енергетичні мережі, трансформуючи власну енергетичну систему відповідно до сучасних вимог.

У статті виділено шість інноваційних технологій (напрямок), використання напрацьовань у яких дозволить розширити технічний арсенал засобів для модернізації енергетичного сектору України.

Ключові слова: енергетичний сектор, енергоінновації, розумні енергомережі.

DOI: 10.21272/1817-9215.2019.2-3

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Створення єдиної інтегрованої енергетичної системи є одним із напрямків політики ЄС, що підтверджується наявною нормативно-правовою базою. Принцип розподіленої енергогенерації та максимально широке використання альтернативних джерел енергії є основою трансформаційних процесів в енергетиці ЄС та реалізовується шляхом розбудови розумних енергетичних мереж. Використання європейського досвіду в Україні зустрічає певні перешкоди. Водночас необхідність впровадження інноваційних енергетичних технологій для системної перебудови енергетичного сектору України із застосуванням передового світового досвіду, у першу чергу європейського, є очевидною. Однак питання адаптації розумних енергетичних технологій, які успішно використовуються в енергетичних системах провідних країн, до українських умов є невирішеним. Комплексність проблеми полягає у наявних суттєвих технічних, економічних, політичних та правових розбіжностях. Відповідно існує необхідність визначити потенційні можливості використання європейського та світового досвіду в Україні, а також необхідні умови, які потрібно забезпечити для інтенсифікації трансформаційних процесів в енергетиці України на основі застосування розумних та еколого безпечних енергетичних мереж.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питання техніко-технологічної ефективності побудови розумних енергомереж в Україні займалися Кириленко О.В., Бінов І.В., Танкевич С.Є., Стогній Б.С., Праховник А.В., Денисюк С.П. [1,2]. Роль розумних технологій та енергетичних мереж як каталізатора модернізації та інтелектуалізації енергетичної системи досліджувала С. Бондаренко [3]. Міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку на основі побудови Smart Grid вивчала Д.І. Олійник [4].

¹ Виконано в рамках науково-дослідної теми № 0119U100766 «Оптимізаційна модель розбудови розумних та безпечних енергетичних мереж: інноваційні технології екологізації підприємств та регіонів»

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є визначення та систематизація розумних екологічно безпечних енергетичних рішень, які мають перспективи застосування в енергетичному секторі економіки України.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розумні енергетичні технології є майбутньою основою енергетичних систем. Вони є новим еволюційним етапом розвитку енергетики, адже здатні краще задовольняти потреби різних категорій споживачів у енергії, будучи гнучкішим та дозволяючи реалізувати принцип диверсифікації джерел для енергогенерації. Окрім того, розумні енергомережі підтримують концепцію створення інноваційного розумного середовища, доповнюючи технології, які використовуються для розбудови розумних міст. Відтак розумні технології – це майбутнє, яке не можна зупинити, проте його можна затримати, якщо не забезпечити належні умови для розбудови розумної енергомережі.

Наслідки реалізації Smart Grid технологій є помітними на європейському ринку, ринку США та деяких інших країн. Ці зміни полягають не лише у змінах технічних параметрів енергосистеми, а у моделі функціонування енергетичного ринку.

Згідно дослідження колективу з кафедри електротехніки та обчислювальної техніки Університету Небраски-Лінкольна та компанії Quanta Technology, результати якого було оприлюднено у журналі *Energies*, *The Next-Generation Retail Electricity Market in the Context of Distributed Energy Resources: Vision and Integrating Framework* розповсюдження розподіленої генерації значно модифікує традиційні енергетичні мережі, системи розподілу та реалізації електрики [5]. Зокрема, автори виділяють шість інновацій, які змінять сектор електричної дистрибуції в наступні роки [6].

1. Системи розподіленої генерації. Згідно законодавства України розподілена енергогенерація – це електростанція встановленої потужності 20 МВт та менше, приєднана до системи розподілу електричної енергії [7]. Однак наведене вузьке визначення не дозволяє повністю охопити це явище. Більш повним, але не вичерпним буде інше визначення: «розподілене виробництво енергії – концепція розбудови системи енергогенерації, яка стимулює виробляти енергію на місцях самими ж споживачами – індивідуальними господарствами, громадами, підприємствами. Енергія генерується для власних потреб, але із можливістю передавати її надлишки до загальної мережі за “зеленим тарифом” чи іншим механізмом підтримки» [8].

Наразі найбільш поширеними у світі системами для розподіленої енергогенерації є фотоелектричні. Застосовується два їх види:

- постійно підключені до електромережі фотоелектричні системи;

- гібридні системи, які здатні функціонувати в режимі постійного підключення до енергомережі та заряджати батареї в періоди низьких цін на електроенергію, та розряджати їх протягом періодів, коли ціна на електрику є високою, а також працювати в режимі «off-grid».

Окрім сонячної енергетики застосування у системі розподіленої енергогенерації знаходять технології отримання енергії з вітру, водневих паливних елементів, біомаси. Однак на даному етапі розвитку енергетичних технологій їхня функціональність поступається сонячній енергетиці. Окрім того суттєва державна підтримка виробників енергії з використанням фотоелектричних технологій спричинила стрімке зростання темпів виробництва сонячної енергії в Україні та стимулювала розвиток суміжних областей (наприклад, виробництво сонячних панелей, інверторів тощо)

Реалізація принципу розподіленої енергогенерації потребує технічного забезпечення, яке функціонуватиме з метою забезпечення належної якості енергоспоживання, регулювання напруги та надання супутніх послуг. Зокрема для зниження напруги у результаті отримання зворотної потужності у мережі від фотоелектричних систем досягається застосуванням інверторів.

Відповідно розвиток сонячної енергетики в Україні створює перспективи для

входження на національний ринок провідних світових виробників інноваційного енергетичного обладнання, наприклад, китайської компанії Huawei.

2. Системи зберігання енергії. Найбільша проблема, яка стримує розвиток розумних енергосистем з технологічної точки зору – відсутність економічно доцільної технології зберігання надлишку енергії в системі, що дозволить перерозподіляти її відповідно до потреб ринку. Незважаючи на прогрес у дослідженнях даного питання та численних дослідах, у ході яких техніко-технологічних набір засобів зберігання енергії стрімко збільшується, не вдається досягти бажаних параметрів. Більше того немає визначеності навіть щодо технології, яка потенційно може стати провідною у даному напрямку та широко використовуватиметься енергосистемами окремих країн та об'єднаними міжнародними енергосистемами. Такі параметри, як: витрати, питома енергія, питома потужність, безпека, продуктивність та тривалість експлуатації систем зберігання енергії мають бути значно покращені для стрімкого розвитку розумних енергосистем.

3. Електромобілі, які підключаються до мережі. Електромобілі є важливим елементом розумної «екосистеми». Розвиток електротранспорту має стійку тенденцію до зростання. Концепція розумного міста не передбачає використання транспортом ископного палива. Відповідно політика розвинених країн у даному секторі економіки спрямована на стимулювання як виробництва, так і споживання електромобілів. «Підключені до мережі електромобілі можуть надавати важливі розподілені енергоресурси, оскільки вони можуть працювати як системи зберігання енергії на диспетчеризацію та компенсацію навантаження. У той час, коли електромобілі не використовуються для поїздок, вони можуть брати участь у програмах реагування на зміни попиту та сприяти зниженню пікового навантаження під час зарядки, а також можуть працювати в режимі автомобіль-мережа (vehicle-to-grid, V2G), коли заряджений електромобіль забезпечує такі потреби електромережі, як постачання енергії, регулювання напруги та підтримка реактивної потужності. Електромобілі також можуть працювати у режимі автомобіль-будівля (vehicle-to-building), та обмінюватись енергією з зарядними станціями та іншими електромобілями. Електромобілі здатні стати великомасштабними постачальниками розподілених енергоресурсів завдяки розвитку технології зберігання енергії, інформаційних та комунікаційних технологій, регуляторним ініціативам, а також державним та приватним стимулам та інвестиціям, спрямованим на підвищення технічних характеристик та оперативної сумісності мереж при зниженні витрат. Покращення функціональних можливостей та схеми взаємодії з мережею існуючих зарядних станцій для електромобілів є першим кроком у цьому напрямку.» [6]

4. Мікромережі. Забезпечення доступу до електроенергії у віддалених місцях, де можливість підключення до централізованої енергомережі відсутня або надто вартісна може реалізуватися створенням розумних мікромереж. Окрім того, такий тип мереж придатний до використання не лише у віддалених важкодоступних локаціях. Зокрема мікромережі можуть бути успішно використані для забезпечення принципу розподіленої енергогенерації на локально обмежених територіях, де є можливість широкого використання альтернативних джерел енергії для енергогенерації. Проте розвиток енергетичних мікромереж стримують законодавчі обмеження. Невирішеність питань з механізмом функціонування мікромереж є серйозним бар'єром на шляху їх подальшого розвитку, стримуючи також розвиток альтернативної енергетики. Окрім того негативний вплив на розвиток даного сектору економіки має нестабільність державної політики щодо підтримки профільних виробництв та допоміжних галузей.

5. Розумні системи енергоменеджменту та розумні системи енерговимірювання. Реформування енергетичної системи Європейського Союзу можна розділити на окремі етапи. Для кожного з них було характерно використання певного типу технології. Це пояснюється логікою створення перспективи для акселерації розвитку розумних енергомереж після того, як будуть усунені

стримувальні техніко-технологічні обмеження. Відповідно до даної логіки на першому етапі було забезпечено масове використання засобів обліку спожитої енергії, що є необхідною основою для подальшого розгортання розумних енергетичних мереж та реалізації принципу розподіленої енергогенерації. Наявність систем обліку дозволяє координувати енергогенерацію, споживання, зберігання та обмін енергоресурсів у межах енергетичної системи. Тобто лише за наявності приладів обліку може бути реалізована можливість розподілених енергоресурсів (їх виробників та споживачів) у роздрібному енергетичному ринку, без чого функціонування розумних енергосистем є неможливим.

Масштабне охоплення споживачів, виробників та посередників приладами інтелектуального обліку використання енергетичних ресурсів створює можливості для адаптивного регулювання потужності та відповідно призводить до економії електричної енергії, що використовується усіма групами споживачів: промисловими об'єктами, домогосподарства, об'єктами соціальної інфраструктури тощо.

«Майбутні розумні системи енергоменеджменту та енерговимірювання будуть розроблені таким чином, щоб мінімізувати витрати на закупівлю, максимізувати доходи та енергоефективність, зберігаючи при цьому прийнятний рівень комфорту клієнтів, і забезпечувати двосторонній потік енергії та інформації, що дозволить агентам розподілених енергоресурсів безпосередньо взаємодіяти з іншими ринковими агентами.» [6]

6. Розумні навантаження. Одним із завдань, які мають бути вирішені у майбутньому є зниження навантаження на енергомережу. У другій половині ХХ столітті прогнозувалося, що зростання енергогенерації буде достатнім для задоволення потреб суспільства у повній мірі. Проте зростання кількості побутових пристроїв, збільшення їхньої потужності у поєднанні зі зростанням потужності промислового устаткування (сукупного) залишає не вирішеним питання скорочення навантаження на енергетичну мережу. Особливо проблемним питанням є пікові навантаження на систему, усунення яких можливе шляхом застосування розподіленої енергогенерації в розумних енергетичних мережах.

Окрім зазначених вище 6 пунктів важливим є питання інформаційної захищеності розумної енергетичної системи, а відповідно технічних пристроїв та технологій, які у них (пристроях) реалізовані.

Інформаційно-комунікаційні системи суттєво розширюють вимоги до енергосистеми та доповнюють її складовими, які раніше не були для неї типовими.

Для забезпечення якісно нового рівня обслуговування потреб енергомережі, як виробників енергії, так і споживачів необхідним є подальше зростання наступних технологій:

- енергетична on-line аналітика;
- віртуальний аудит. «деякі енергокомпанії вивчають інновації, засновані на програмах зміни поведінки споживачів, в яких використовуються методи гейміфікації, тобто залучення користувача в певні дії, які дозволяють оперативно отримувати зворотний зв'язок і коригувати роботу самої компанії» [9];
- управління споживанням;
- штучний інтелект;
- блокчейн.

Значна кількість проектів з побудови розумної енергомережі у Європейському Союзі та інших провідних країнах дозволяє використати цей досвід для аналогічних цілей в Україні. Системна робота має проводитися в кожному з названих вище напрямків. Однак зважаючи на технічні відмінності енергомереж в Україні та ЄС, доцільно фокусуватися на тих інноваціях та перевірених практикою технологіях, що дозволяють сформувати необхідну інфраструктуру на базовому рівні, тобто першочерговим завданням є забезпечення масштабності використання облікових засобів. Але для подальшого прогресу у напрямку розбудови розумної енергомережі необхідним є вирішення законодавчих питань, що обмежують та ускладнюють процес

приєднання до енергомережі об'єктів розподіленої енергогенерації, а також забезпечення стабільної та передбачуваної державної політики стимулювання розвитку розумних енергомереж, що сприятиме залученню інвестицій у галузь.

ВИСНОВКИ

У статті розглянуто основні види енергетичних рішень, що використовуються у процесі розбудови розумних енергетичних мереж у країнах Європейського Союзу, Сполучених Штатах Америки та низці інших країн, що здійснюють активне реформування власної енергетичної системи. Системне поєднання зазначених технологій сприяє прискоренню темпів та масштабуванню розбудови енергетичних мереж та впровадженню інноваційних рішень в енергетиці.

SUMMARY

The article deals with the technological possibilities of building smart energy networks in Ukraine based on the use of smart innovative and environmentally friendly solutions for the country's energy complex. To this aim, we have typologized innovative energy solutions used in European Union countries, the United States of America and a number of other countries that are actively building smart energy networks, transforming their own energy system in accordance with current requirements.

The article identifies six innovative technologies (directions), the use of which will allow to expand the technical arsenal of means for modernization of the energy sector of Ukraine.

Keywords: energy sector, energy innovation, smart grids.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Еволюція інтелектуальних електричних мереж та їхні перспективи в Україні / Б.С. Стогній, О.В. Кириленко, А.В. Праховник, С.П. Денисюк // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 5. – С. 52–67.
2. Smart Grid та організація інформаційного обміну в електроенергетичних системах / О.В. Кириленко, І.В. Блінов, С.Є. Танкевич // Технічна електродинаміка. – 2012. – № 3. – С. 47–48.
3. Svitlana Bondarenko. Smart Grid in ensuring the intellectualization of the energy system of Ukraine. URL: <https://paperssds.eu/index.php/JSPSDS/article/view/85>
4. Олійник Д.І. Міжнародний досвід високотехнологічного економічного розвитку на основі побудови smart grid. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILEA=&2_S21STR=spa_2017_3_13
5. Josue Campos do Prado, Wei Qiao, Liyang Qu, Julio Aguero The Next-Generation Retail Electricity Market in the Context of Distributed Energy Resources: Vision and Integrating Framework. URL: https://www.researchgate.net/publication/330890414_The_Next-Generation_Retail_Electricity_Market_in_the_Context_of_Distributed_Energy_Resources_Vision_and_Integrating_Framework
6. Шість інновацій розподільчої мережі майбутнього. URL: <https://vsenergy.com.ua/categories-page/shist-innovacij-rozpodilchoi-merezhi-majbutnogo/>
7. Розподілена генерація. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/term/38583>
8. Розподілене виробництво енергії. Переваги та можливості для кожного українця. URL: <https://ecoaction.org.ua/rozpodilene-vyrobnuctvo-energii.html>
9. П'ять технологій, які змінять сервіси енергопостачальних компаній. URL: <https://vsenergy.com.ua/categories-page/p-jat-tehnologij-jaki-zminjat-servisi-enerGOPostachalnih-kompanij/>