

ПОТЕНЦІЙНІ ТРАЄКТОРІЇ РОЗВИТКУ РОЗУМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ¹

Вакулєнко І.А.,

к.е.н., асистент кафедри управління імені Олега Балацького,

Сумський державний університет, м. Суми

vakulenko@ssu.edu.ua;

Колосок С.І.,

к.е.н., доцент, доцент кафедри управління імені Олега Балацького,

Сумський державний університет, м. Суми, Україна,

kolosok@management.sumdu.edu.ua

Українська енергетична система потребує кардинального оновлення. Енергетична інфраструктура в Україні значно зношена, і має бути модернізована відповідно до сучасних потреб ринку, стандартів безпеки, гнучкості та інших параметрів. Крім того, перед об'єднаною енергетичною системою України стоїть масштабне завдання зміни траєкторії: від історичних взаємозв'язків з Росією та Білоруссю, до синхронізації з ENTSO-E. Залучення України до пан-європейського енергетичного ринку відкриває можливості експорту українських енергетичних ресурсів, проте і накладає вимоги до забезпечення стійкості та інтероперабельності енергетичної системи України. Іншим викликом перед енергетичною системою України стоїть зменшення рівня аварійності в енергетичних мережах, а також – втрат енергетичних ресурсів при їх транспортуванні та розподілі. Нажаль, ці показники в Україні значно вищі за середньоєвропейські. Використання ж інструментів розумної енергетики багато з цих проблем може вирішити.

Можливість концептуалізації траєкторій розвитку розумної енергетики має вирішальне значення для успішної трансформації енергетичної системи України. Формування базової траєкторії розвитку розумної енергетики повинно враховувати загальнодержавне бачення напряму соціально-економічного розвитку в країні, стратегії забезпечення енергетичної безпеки країни, реформування енергетичного сектору та розбудови базових галузей економіки. На цьому етапі цілком необхідне проведення техніко-економічного аналізу реформ, що повинен виконуватися з використанням комплексу методів для аналізу: аналізу великих даних (що стосуються попиту та пропозиції енергетичних ресурсів, технічних параметрів мереж, стану енергогенеруючого та енергорозподіляючого обладнання та ін.), проведення опитування (громадськості, зацікавлених сторін та визначеного кола експертів), економічної оцінки (витрат на проведення реформ, тарифів, диверсифікованих енергетичних ресурсів), аналізу ризиків, моделювання роботи мереж та ін. Дорожня карта реформ і стратегічні та оперативні плани повинні бути дотримані для розвитку розумної енергетики під час реформування енергетичного сектору. За потреби необхідно ввести зміни до нормативно-правових актів, провести функціональний нагляд за ринком енергії, дати можливість споживачам підключати свої програми та мікромережі, використовувати розумні технології в енергетиці тощо.

Ключові слова: енергетичні мережі, енергетика України, розумні енергомережі, траєкторії розвитку.

DOI: 10.21272/1817-9215.2021.3-1

ВСТУП

Реформування енергетики із застосуванням нових технологій зараз переважно виконується для удосконалення управління попитом та постачанням енергії. Підвищується ефективність комунікацій, вимірювання та розподілення енергії. Використовуються розумні технології й для гнучкого ціноутворення на ринку енергії як способу залучення споживачів до управління власним попитом та споживанням [1].

Таке реформування та розвиток вкрай необхідні в реаліях України. Оскільки складалася надзвичайно небезпечна ситуація, коли проблеми зношеності мереж та енергогенеруючих потужностей посилюються нерівномірною енергетичною забезпеченістю регіонів, розбалансуванням потужності, дефіцитом енергоресурсів та обмеженістю використання відновлюваних джерел енергії [2]. Існуючі енергетичні ризики потребують зміни бізнес-моделі, диверсифікації енергетичних ресурсів та їх постачальників з метою підвищення енергетичної безпеки та енергетичної

¹ Ця робота була підтримана Міністерством освіти і науки України (науково-дослідна тема № 0119U100766 "Оптимізаційна модель розбудови розумних та безпечних енергетичних мереж: інноваційні технології екологізації підприємств та регіонів")

незалежності країни [3]. Тому дослідження потенційних траєкторій розвитку розумної енергетики в Україні є безумовно актуальним.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Шляхи реформування енергоринків розглядаються багатьма вченими. Джигун О. М., Ониськова А. В. дослідили базові характеристики ринків ЄС, США, Бразилії, Індії, Південної Кореї та Російської Федерації та зробили висновки про схожі кроки реформування: здійснення країнами поступової демонополізації сфери енергетики, розвиток антимонопольного законодавства, покращення доступності енергетичної інфраструктури для незалежних агентів [4].

Зміни у сфері енергетики також виникають і через перетворення в інших, дотичних галузях економіки. За дослідженням науковців [5] реалізація проектів «розумних» міст стає значним поштовхом для перетворення енергетичної сфери, наближення її до моделі сталої енергетики. Фінансування інновацій міст надає змогу покращити енергетичну інфраструктуру, посилити залучення громадян до розумного використання ресурсів. Результати емпіричних досліджень авторів показують можливість зниження пікових навантажень на мережу серед споживачів за умови використання ними інноваційних розробок [6].

Є дослідження й вимог до критичної енергетичної інфраструктури. У наслідок розширення кількості учасників на енергетичному ринку, стає більш складно підтримувати безпечність мереж та балансувати різні інтереси учасників ринку [7]. Інформаційні технології можуть стати інструментом, що дозволить оптимізувати управління такою складною, неоднорідною системою.

Грунтовний аналіз процесу проведення енергетичних реформ виконувався і співробітниками VCG. Колективом авторів [8] запропонований підхід, що передбачає проведення реформ у п'ять етапів: через модернізацію енергетичних мереж, адаптацію енергетичних систем до можливостей диверсифікованих енергетичних ресурсів, зміну моделі бізнесу та сервісів в напрям орієнтації на споживача, можливість гнучкого забезпечення генерації енергії та регульованих ринків та моделей.

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Метою статті є дослідження драйверів розвитку розумної енергетики та формування підходу до траєкторій розвитку розумної енергетики в Україні.

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

При написанні даної роботи застосовувалися метод бібліометричного аналізу наукових робіт при формуванні драйверів розвитку розумної енергетики; методи узагальнення та класифікації при формуванні науково-методологічного підходу до траєкторій розвитку розумної енергетики.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Дослідження потенційних траєкторій розвитку розумної енергетики отримують все більшу зацікавленість з боку науки та бізнесу. Класифікація драйверів розвитку розумної енергетики може стати поштовхом для якісного переходу на нову модель енергогенерації, розподілення та споживання енергії. Але варто зазначити, що для енергетичної системи України характерне існування і багатьох бар'єрів. Однак є й низка можливостей, що пов'язані, у тому числі, і з розбудовою пан-європейського ринку електричної енергії. Системний аналіз драйверів інноваційних енергетичних мереж може окреслити подальші траєкторії розвитку, загрози й можливості в енергетиці.

Для виділення класифікаційних ознак інноваційних драйверів був проведений аналіз серед найбільш цитованих публікацій (табл. 1). Оглядаючи результати проведених досліджень, на нашу думку, найбільш прийнятними для класифікації

ключових драйверів формування інноваційних енергетичних мереж ознаки, що запропоновано Allen, Hammond та Fouquet.

Враховуючи проведений аналіз, можливо побудувати науково-методологічний підхід до траєкторій розвитку розумної енергетики, що враховує процесну складову.

Таблиця 1 – Аналіз інноваційних драйверів в «енергетиці» серед найбільш цитованих публікацій за період 2004 – 2020 рр.

Автори публікації	Джерело даних публікації	Класифікація драйверів	Примітка
Allen, Hammond, McManus, 2008	Проведено аналіз інноваційної та енергетичної політики Об'єднаного королівства	можливо класифікувати драйвери за видами електричних мереж: з централізованою генерацією та розподіленою генерацією (мікрогенерацією) [9]	
Edenhofer, Lessmann, Kemfert, Grubb, Köhler, 2006	Виконали порівняння існуючих моделей індукованих технологічних змін	у моделях виокремлюють параметри технологічних змін: ендогенні технологічні зміни (ЕТЗ) у зв'язку з енергетичною та карбоновою інтенсивністю; інші ЕТЗ; екзогенні технологічні зміни [10]	
Fouquet, 2010	здійснено історичний огляд змін в енергетичній сфері в Об'єднаному королівстві	Джерела енергії та технології можна класифікувати за ефектами: можливість генерації послуги з вищими або додатковими характеристиками [11]	
Ghisetti, Rennings, 2014	провели опитування серед фірм з Німеччини, застосуванням адаптованих показників МІР	в якості драйверів виділяють процесні інновації навколишнього середовища МІР: зменшення витрат матеріалів та енергії на одиницю продукції; зниження викидів CO ₂ , забруднення повітря, води, ґрунтів, шумового забруднення; заміщення небезпечних матеріалів відновлення відходів, води або матеріалів [12]	За результатами аналізу було підтверджено гіпотезу, що інновації з енергетичної та ресурсної ефективності надають позитивний і суттєвий вплив на прибутковість фірм
Verbruggen та ін., 2010	виконали літературний огляд для визначення можливості постачання відновлюваної енергетики	виділяють рівні потенціалів [драйверів] для оцінки можливості постачання відновлюваної енергетики: ринковий потенціал; економічний потенціал; потенціал сталого розвитку; технічний потенціал [13]	

Зрозуміло, формування траєкторії розвитку розумної енергетики повинно враховувати загальнодержавне бачення напряму соціально-економічного розвитку в країні, стратегії забезпечення енергетичної безпеки країни, реформування енергетичного сектору та розбудови базових галузей економіки [14]. На цьому етапі цілком необхідне проведення техніко-економічного аналізу реформ. Такий аналіз повинен виконуватися з використанням комплексу методів для аналізу: аналізу

великих даних (що стосуються попиту та пропозиції енергетичних ресурсів, технічних параметрів мереж, стану енергогенеруючого та енергорозподіляючого обладнання та ін.), проведення опитування (громадськості, зацікавлених сторін та визначеного кола експертів), економічної оцінки (витрат на проведення реформ, тарифів, диверсифікованих енергетичних ресурсів), аналізу ризиків, моделювання роботи мереж та ін. На цьому етапі цілком необхідним є й створення дорожньої карти реформ.

На етапі планування потребується внесення змін у відповідні нормативно-правові акти, ратифікацію стандартів та законодавства країн-партнерів, здійснення стратегічного та оперативного планування проведення реформ, планування бюджету та розбудови мереж.

На етапі виконання слід додержуватися дорожньої карти реформ, стратегічних та оперативних планів, та за необхідності (та за погодження) здійснювати зміни до нормативно-правові актів, проводити оперативний нагляд за енергетичним ринком, виконувати навчання, балансувати диверсифіковані енергетичні ресурси (у т.ч. відновлювані енергетичні ресурси), регулювати дотримання антімонопольного законодавства на енергетичному ринку з внесенням відповідних санкцій, забезпечувати можливість споживачів підключати власні додатки та сформовані мікромережі, використовувати розумні технології в енергетиці та ін.

ВИСНОВКИ

Вірний шлях реформ при розвитку розумної енергетики повинен бути підкріплений нормативно-правовими актами та державними стимулами, містити дорожню карту реформ для ефективного використання відновлюваних джерел енергії, розумних рішень та зменшення витрат за рахунок чистих енергетичних технологій. Потенційні траєкторії розвитку енергетики передбачають обґрунтування енергоефективної політики, методів регулювання та стимулювання енергетичних мереж, врахування факторів, що впливають на розгортання нової розумної енергетичної системи. Однак на даний час в Україні існують неподолані нормативні й політичні бар'єри, а також, – зацікавлені сторони, що заважають розгортання розумної енергетики. Тільки системне дотримання траєкторій обраного розвитку може подолати існуючі проблеми з переваженням енергетичних мереж та балансуванням потужності енергетичної системи, зменшити рівень аварійності в енергетичних мережах, а також – втрат енергетичних ресурсів при їх транспортуванні та розподілі, а також – збільшити економію клієнтів від впровадження розумних рішень в енергетиці.

SUMMARY

Vakulenko I.A., Kolosok S. Potential trajectories of smart energy development in Ukraine.

The Ukrainian energy system requires a radical overhaul. Ukraine's energy infrastructure is significantly worn out and supposes to be modernized according to current market needs, safety standards, flexibility, and other parameters. In addition, the unified energy system of Ukraine faces a large-scale task of changing the trajectory: from historical relations with Russia and Belarus to synchronization with ENTSO-E. Ukraine's involvement in the pan-European energy market opens up opportunities for the export of Ukrainian energy resources and imposes requirements to ensure the stability and interoperability of Ukraine's energy system. Another challenge for Ukraine's energy system is to reduce the level of accidents in energy networks and the loss of energy resources during their transportation and distribution. Unfortunately, these indicators in Ukraine are much higher than the European average. The use of smart energy tools can solve many of these problems.

The possibility of conceptualizing the trajectories of smart energy development is crucial for the successful transformation of Ukraine's energy system. The formation of the basic trajectory of smart energy development should consider the national vision of socio-economic development in the country, the country's energy security strategy, energy sector reform, and the development of primary sectors of the economy. At this stage, it is necessary to conduct a feasibility study of reforms, which should be performed using a set of analysis methods: analysis of big data (on supply and demand of energy resources, technical parameters of networks, state of energy generating, and distribution equipment, etc.). (public, stakeholders, and a specific range of experts), economic assessment (reform costs, tariffs, diversified energy resources), risk analysis, network modeling, etc. The roadmap for reforms and strategic and operational plans should be adhered to develop smart energy while reforming the energy sector. If necessary, changes should be made to regulations, conduct functional supervision of the energy market, enable consumers to connect their applications and microgrids, use smart technologies in energy, etc.

Keywords: energy networks, energy of Ukraine, smart grids, development trajectories.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Matosin N. *Energy Infrastructure Strategy*. Sapere Research Group. 2012. URL: <http://srgexpert.com/wp-content/uploads/2018/02/EIS-FINAL-to-INSW-web-versionfinal.pdf> (дата звернення: 20.12.2020).
2. Дикань В. В., Білоус Л. Б. Управління енергоресурсним потенціалом громади. *Соціальна економіка*. 2017. № 54(2). С. 82-87.
3. Копытко М., Zaverbnyj A., Levkiv H. Energy component of Ukraine's economic security in the context of euro integration: problems of financial providing. *Social Legal Studios*. 2018. № (2). Р. 116-122.
4. Джигун О. М., Ониськова А. В. Тенденції реформування ринків електроенергії провідних країн світу. *Моделювання та інформаційні технології*, 2016. № (76). С. 17-27.
5. Haarstad H., Wathne M. W. Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability? *Energy policy*. 2019. № 129. Р. 918-925.
6. Motlagh O., Foliente G., Grozev G. Knowledge-mining the Australian smart grid smart city data: A statistical-neural approach to demand-response analysis. In S. Geertman, J. J. Ferreira, R. Goodspeed, J. Stillwell, & (eds), *Planning Support Systems and Smart Cities. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 189-207). 2015. Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-18368-810
7. Суходоля, О. М. Розвиток законодавства ЄС у сфері безпеки енергопостачання. у Д. Г. Бобро, С. П. Іванюта, С. І. Кондратов, О. М. Суходоля, *Організаційні та правові аспекти забезпечення безпеки і стійкості критичної інфраструктури України* : аналіт. доп. (с. 56-61). 2019. К.: НІСД.
8. Baker T., Gee D., Millican C., Pearson L. *Rewiring Utilities for the Power Market of the Future*. BCG. 2016. URL: <https://www.bcg.com/publications/2016/energy-environment-rewiring-utilities-power-market-future.aspx> (дата звернення: 20.12.2020).
9. Allen, S. R., Hammond, G. P., & McManus, M. C. (2008). Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective. *Applied Energy*, 85(6), 528-544.
10. Edenhofer, O., Lessmann, K., Kempfert, C., Grubb, M., & Köhler, J. (2006). Induced technological change: Exploring its implications for the economics of atmospheric stabilization: Synthesis report from the innovation modeling comparison project. *The Energy Journal*, 27(SPEC. ISS.), 57-107.
11. Fouquet, R. (2010). The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service. *Energy Policy*, 38(11), 6586-6596.
12. Ghisetti, C., & Rennings, K. (2014). Environmental innovations and profitability: How does it pay to be green? An empirical analysis on the German innovation survey. *Journal of Cleaner production*, 75, 106-117.
13. Verbruggen A., Fishedick M., Moomaw W., Weir T., Nadei A., Nilsson L., Nyboerg J., Sathaye J. (2010). Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. *Energy policy*, 38(2), 850-861.
14. Вакуленко І. А., Колосок С. І., Прийменко С. А., Матвєєва, Ю. Т. (2019). Формування базису проведення енергетичних реформ із застосуванням "розумних" технологій. *Вісник Сумського державного університету. Серія «Економіка»*. 2019. №3. С. 40-45.

REFERENCES

1. Matosin, N. (2012). *Energy Infrastructure Strategy*. Sapere Research Group. URL: <http://srgexpert.com/wp-content/uploads/2018/02/EIS-FINAL-to-INSW-web-versionfinal.pdf> (access: 20.12.2020).
2. Dykan V. V., Bilous L. B. (2017). Upravlinnia enerhoresurnym potentsialom hromady. *Sotsialna ekonomika*, 54(2), 82-87.
3. Kopytko M., Zaverbnyj A., Levkiv H. (2018). Energy component of Ukraine's economic security in the context of euro integration: problems of financial providing. *Social Legal Studios*, (2), 116-122.
4. Dzhyhun O. M., Onyskova A. V. (2016). Tendentsii reformuvannia rynkiv elektroenerhii providnykh krain svitu. *Modeliuvannia ta informatsiini tekhnolohii*, (76), 17-27.
5. Haarstad H., Wathne M. W. (2019). Are smart city projects catalyzing urban energy sustainability? *Energy policy*, 129, 918-925.
6. Motlagh O., Foliente G., Grozev G. (2015). Knowledge-mining the Australian smart grid smart city data: A statistical-neural approach to demand-response analysis. In S. Geertman, J. J. Ferreira, R. Goodspeed, J. Stillwell, & (eds), *Planning Support Systems and Smart Cities. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography* (pp. 189-207). Springer, Cham. doi:10.1007/978-3-319-18368-810
7. Sukhodolia, O. M. (2019). Rozvytok zakonodavstva YeS u sferi bezpeky enerhopostachannia. u D. H. Bobro, S. P. Ivaniuta, S. I. Kondratov, O. M. Sukhodolia, *Orhanizatsiini ta pravovi aspekty zabezpechennia bezpeky i stiiikosti krytychnoi infrastruktury Ukrainy* : analit. dop. (pp. 56-61). K.: NISD.
8. Baker T., Gee D., Millican C., Pearson L. (2016). *Rewiring Utilities for the Power Market of the Future*. BCG. URL: <https://www.bcg.com/publications/2016/energy-environment-rewiring-utilities-power-market-future.aspx> (access: 20.12.2020).
9. Allen S. R., Hammond G. P., McManus M. C. (2008). Prospects for and barriers to domestic micro-generation: A United Kingdom perspective. *Applied Energy*, 85(6), 528-544.
10. Edenhofer O., Lessmann K., Kempfert C., Grubb M., Köhler J. (2006). Induced technological change: Exploring its implications for the economics of atmospheric stabilization: Synthesis report from the innovation modeling comparison project. *The Energy Journal*, 27(SPEC. ISS.), 57-107.
11. Fouquet R. (2010). The slow search for solutions: Lessons from historical energy transitions by sector and service. *Energy Policy*, 38(11), 6586-6596.

12. Ghisetti C., Rennings K. (2014). Environmental innovations and profitability: How does it pay to be green? An empirical analysis on the German innovation survey. *Journal of Cleaner production*, 75, 106-117.
13. Verbruggen A., Fishedick M., Moomaw W., Weir T., Nadai A., Nilsson L., Nyboerg J., Sathaye J. (2010). Renewable energy costs, potentials, barriers: Conceptual issues. *Energy policy*, 38(2), 850-861.
14. Vakulenko I., Kolosok S., Pryimenko S., Matvieieva Yu. (2019). Formation basis of energy reform with "smart" technologies. *Visnyk of Sumy State University. Economy series*, № 3, pp. 40-45.