

## ОПТИМІЗАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ ЯК НЕВІД'ЄМНА СКЛАДОВА ПОБУДОВИ ІНКЛЮЗИВНОЇ ЕКОНОМІКИ УКРАЇНИ<sup>1</sup>

**Сагер Л.Ю.,**

*к.е.н., доцент, доцент кафедри маркетингу,  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
l.sager@kmm.sumdu.edu.ua*

**Вакуленко І.А.,**

*к.е.н., асистент кафедри управління імені Олега Балацького,  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
vakulenko@management.sumdu.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*

*Сучасна енергетика України стоїть перед глобальними викликами, від здатності відповісти на які залежить майбутнє економіки країни, а відповідно і її соціального сектору. Висока енергоємність ВВП та все ще висока частка виробництв, які застосовують застарілі енергетичні технології та виробничі процеси, стримує економічний розвиток країни та вкрай негативно позначається на конкурентоспроможності економіки.*

*Застосування сучасних енергоефективних технологій підвищує продуктивність енергомережі, а організаційно-економічні форми залучення споживачів енергоресурсів до енергосистеми сприяє швидкому їх поширенню. Розумні енергомережі поєднують обидві складові: енергоефективні технології та різноманітні форми залучення споживачів до участі в управлінні енергомережею. Саме тому розвиток розумних енергомереж є пріоритетним завданням в енергетиці України, яка потребує модернізації не лише енергетичної інфраструктури компаній енергетичного сектору економіки України, а також осучаснення обладнання та процесів на підприємствах усіх галузей економіки.*

*Оптимізація енергомережі у науковій та науково-практичній літературі використовується для позначення діяльності із застосуванням техніко-технологічних заходів та інструментів для регулювання навантаження на мережу та приведення її до оптимальних технічних параметрів. Однак дана стаття фокусується на організаційно-економічних підходах для оптимізації енергомережі. Зокрема, механізмах та заходах підтримки відновлюваної енергетики як складової розумної енергомережі, яка сприяє оптимізаційним процесам в енергетичній системі, формує та підтримує ринкові механізми через які користувачі залучаються до більш активної участі в енергосистемі.*

*У статті розглянуто показники, які характеризують сучасний прогрес у розвитку відновлюваної енергетики в Україні, а також наявні заходи, які реалізуються з цією метою у контексті технічно-досяжного потенціалу виробництва енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії, а також альтернативних видів палива.*

**Ключові слова:** розумні енергомережі, відновлювана енергетика, енергетичний ринок, регулювання

DOI: 10.21272/1817-9215.2021.4-1

### ВСТУП

Енергетична система України, яка уже тривалий час потребує модернізації, як обладнання, так і технологій, які застосовуються. На державному, регіональному та місцевому рівнях реалізуються комплексні програми та окремі проекти щодо оновлення інфраструктури енергетичного господарства. Однак наскільки далекоглядними є ініціативи, які реалізуються, та чи формують вони цілісну картину майбутньої енергосистеми. Безсумнівно, комплексні програми, які фінансуються повністю або частково з державного чи місцевих бюджетів, відповідають стратегії розвитку енергетики України. Однак наскільки результативними вони та чи сприяють реалізації концепції майбутньої енергосистеми, яка формується та реалізується у економічно розвинених та передових в енергетичному господарстві країнах світу.

<sup>1</sup> 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")

Зокрема, потрібно визначитися, чи сприяють наявні програми та проекти, які реалізуються, розвитку розумних енергомереж як безальтернативному напрямку розвитку енергетичного сектору.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Розумні енергомережі є складною системою, яка передбачає поєднання значної кількості факторів та компонентів, які мають спільно взаємодіяти для створення високоефективної та надійної конструкції з виробництва, зберігання, передавання та споживання енергії (у класичному визначенні поняття «розумна енергомережа» переважно електроенергії [1-3]). Відповідно до моделі зрілості енергомережі, розробленої фахівцями ІВМ у співпраці з представниками енергетичного сектору, йдеться про поступове розгортання розумної енергомережі, крок за кроком, від базового рівня до більш технологічних. Базовий рівень передбачає масштабне встановлення вимірювального обладнання, що дозволить вести облік спожитої та переданої до енергомережі енергії. Це дозволяє створити двоспрямовану модель енергетичної системи, де споживач енергії одночасно може бути її виробником, Частково покриваючи свої енергетичні потреби, або виробляючи енергії з надлишком та продаючи її до енергомережі. Таким чином, базовий рівень розумної енергомережі є необхідним для формування енергоринку. Проте після його, навіть часткового, розгортання виникає питання про найбільш ефективні напрямки подальшого розвитку енергомережі, що дозволять скоротити строки побудови глобальної розумної енергомережі. Одним з очевидних напрямків є впровадження принципу розподіленої енергогенерації, який може бути реалізовано через поширення (розвиток) відновлюваної енергетики. Відповідно саме відновлюваній енергетиці, її сучасному стану та перспективах варто приділити увагу.

Стан розвитку найбільш поширених в Україні відновлюваних джерел енергії наведено на рис. 1.

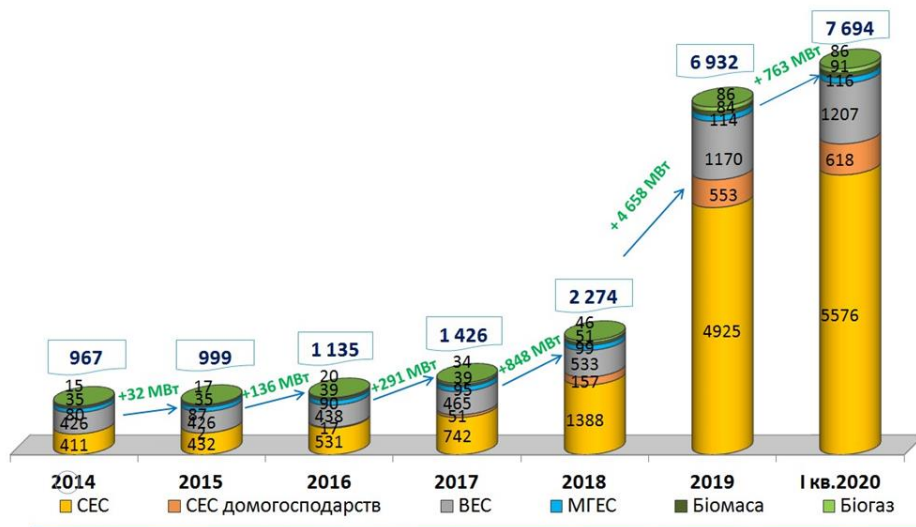


Рисунок 1 – Обсяги виробництва енергії за джерелами енергогенерації в Україні [4]

З наведених даних очевидне стрімке зростання обсягів виробництва енергії з відновлюваних джерела. Найбільш помітним у період з 2014 по 2019 роки було зростання обсягів виробництва енергії з використанням сонячних панелей. Лише за період 2018-2019 років зростання склало в 3,54 рази. При цьому це справедливо для обох складових виробництва сонячної енергії: виробництво енергії на сонячних

електростанціях та виробництво енергії домогосподарствами. Статистичні дані щодо енергогенерації домогосподарствами наведено на рис. 2. Цього вдалося досягти, у тому числі, за рахунок систематичної підтримки галузі (табл 1, [5-8]).

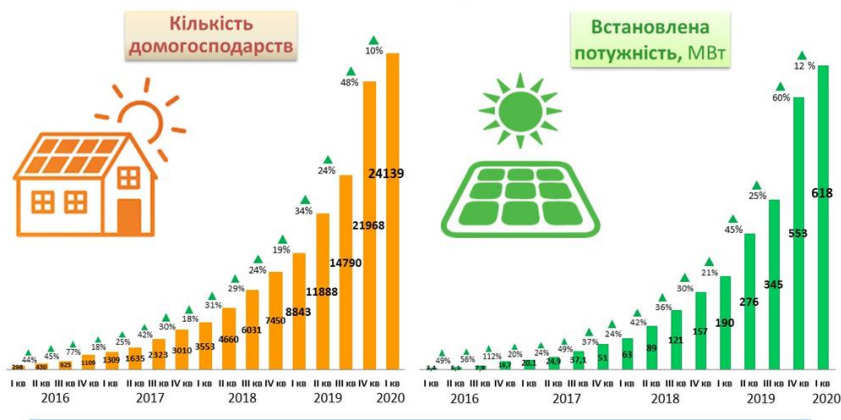


Рисунок 2 – Виробництво енергії за допомогою фото панелей домогосподарствами за період 2014-2020 рр.

Джерело: [4]

Виробництво електроенергії домогосподарствами є важливим. Це дозволяє не лише залучити користувачів (споживачів) мережі до більш активної участі в ній. У першу чергу, це реалізує принцип розподіленої енергогенерації та знижує навантаження на мережу у пікові періоди. У довгостроковій перспективі зростання виробництва відновлюваної енергії домогосподарствами забезпечить належні умови для скорочення енергогенерації великими та середніми електростанціями.

Таблиця 1 – Підтримка енергогенерації з відновлюваних джерел в Україні у 2020 році

		Обсяг виробництва енергії, тис. т н.е.	Обсяг підтримки на одиницю свро/т. н. е	Загальний обсяг підтримки (тис. свро)*
<b>1. Загальний річний орієнтовний обсяг підтримки в секторі виробництва електроенергії:</b>		<b>942,6</b>	<b>1015</b>	<b>957 160</b>
<i>а. Електроенергія вироблена з сонячного випромінювання</i>				
Інструменти	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	513,4	1256	644 847
	СЕС домогосподарств за «зеленим» тарифом	65	984	63 951
<i>б. Електроенергія вироблена з вітру</i>				
Інструменти	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	281,3	616	173 252
<i>в. Електроенергія вироблена з біомаси</i>				
Інструменти	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	24,4	1003	24 479
<i>в. Електроенергія вироблена з біогазу</i>				
Інструмент	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	40,5	853	34 557
<i>г. Електроенергія вироблена малими гідроелектростанціями</i>				
Інструмент	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	18	893	16 073

Джерело: [9]

У поєднанні з вирішенням питання щодо акумулювання виробленої енергії малими електростанціями та домогосподарствами це призведе до оптимізації обсягів сукупної енергогенерації. Саме тому відновлювана енергетика настільки важлива для побудови ефективної енергосистеми майбутнього.

Варто зазначити, що на кожному етапі розвитку будь-якої системи існують обмеження, які мають бути враховані під час побудови стратегічних та тактичних планів. Відновлювана енергетика України, як і будь-якої іншої країни, характеризується потенціалом, якого можливо досягти за сучасних умов (табл. 2).

Таблиця 2 – Технічно-досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з відновлюваних енергоджерел та альтернативних видів палива [9]

№ з/п	Напрями освоєння ВДЕ	Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал, млн. т у. п.
1.	Вітроенергетика	28,0
2.	Сонячна енергетика, в тому числі	6,0
2.1.	- електрична	2,0
2.2.	- теплова	4,0
3.	Мала гідроенергетика	3,0
4.	Біоенергетика, в тому числі:	31,0
4.1.	- електрична	10,3
4.2.	- теплова	20,7
5.	Геотермальна теплова енергетика	12,0
6.	Енергія довкілля (теплові насоси)	18,0
Загальний обсяг заміщення традиційних ПЕР		98,0

Відповідно до даних табл. 2 в Україні наявний значний потенціал для виробництва енергії з відновлюваних джерел. Вирішення потребує питання, який чином технічно-досяжний потенціал може бути реалізовано у найближчій перспективі.

З огляду на світовий досвід, вирішення даного питання лежить у ринковій площині. Необхідно забезпечити та підтримувати умови для функціонування конкурентного енергетичного ринку.

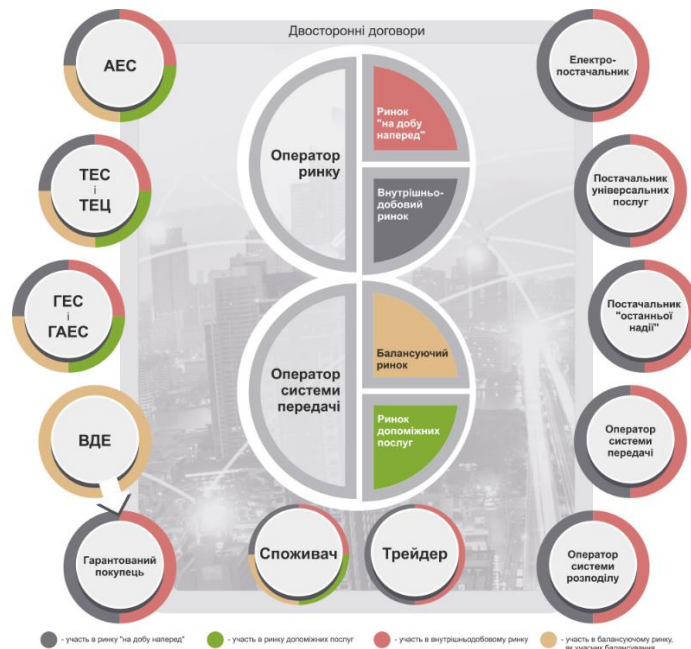


Рисунок 3 – Структура енергетичного ринку  
Джерело: [10]

В Україні уже здійснено суттєві кроки щодо формування умов, необхідних для інтеграції вітчизняної енергетичної системи до енергосистеми Європи. Очевидно, це об'єднання є справою найближчої перспективи. Можливо, прискоренню цього процесу сприятиме необхідність вирішення безпекового питання. На даний момент створені і продовжують формуватися необхідні умови для ефективного функціонування енергетичного ринку в Україні. Структура енергоринку наведена на рис. 3.

## ВИСНОВКИ

Питання оптимізації енергосистеми, яке розглядається, переважно, у техніко-технологічному аспекті, є набагато більш широким, ніж прийнято вважати. Оптимізація в енергетичному секторі тісно пов'язана з організаційно-економічними заходами та стратегічним плануванням, що базується на формуванні стійких бізнес-моделей, які дозволяють покороку досягати цілей енергетичної політики.

Відновлювана енергетика є ключовим аспектом побудови розумної енергомережі з точки зору залучення споживачів до енергомережі та розширення їхньої ролі від виключно споживання до виробництва енергії, що є реалізацією принципу розподіленої енергогенерації, яка в перспективі призведе до формування більш продуктивної, ефективнішої та гнучкої в реагуванні на зміни попиту розумної енергомережі.

## SUMMARY

**Saher L., Vakulenko I., Kolosok S. Optimization of the energy system as an integral component of the development of the Ukraine's inclusive economy.**

*Ukraine's modern energy is facing global challenges, the future of the country's economy and, consequently, its social sector depends on its ability to respond. High energy intensity of GDP and still high share of production using outdated energy technologies and production processes hinders the economic development of the country and has an extremely negative impact on the competitiveness of the economy.*

*The use of modern energy-efficient technologies increases the productivity of the energy network, and organizational and economic forms of attracting energy consumers to the energy system contributes to their rapid spread. Smart grids combine both components: energy efficient technologies and various forms of consumer involvement in power grid management. That is why the development of smart grids is a priority in Ukraine's energy sector, which requires modernization not only of the energy infrastructure of companies in the energy sector of Ukraine, but also modernization of equipment and processes in enterprises of all sectors.*

*Power grid optimization in the scientific and scientific-practical literature is used to denote activities with the use of technical and technological measures and tools to regulate the load on the network and bring it to optimal technical parameters. However, this article focuses on organizational and economic approaches to power grid optimization. In particular, mechanisms and measures to support renewable energy as part of a smart energy network, which contributes to the optimization of processes in the energy system, forms and maintains market mechanisms through which users are involved in more active participation in the energy system.*

*The article considers the indicators that characterize the current progress in the development of renewable energy in Ukraine, as well as the existing measures implemented for this purpose in the context of technically achievable potential for energy production from renewable energy sources and alternative fuels.*

*Keywords: smart grids, renewable energy, energy market, regulation*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Розумні енергомережі. URL: <https://cern.com.ua/2018/06/22/rozumni-merezhi/> (дата звернення 19 червня 2021 р.).
2. Що таке Smart Grid? URL: <https://nv.ua/ukr/ukraine/so-skorostyu-sveta/shcho-take-smart-grid-50055452.html> (дата звернення 19 червня 2021 р.).
3. The Smart Grid. URL: [https://www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/smart\\_grid.html](https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html) (дата звернення 19 червня 2021 р.).
4. Інформація щодо потужності та обсягів виробництва електроенергії об'єктами відновлюваної електроенергетики, яким встановлено «зелений» тариф (станом на 01.04.2020). URL: [https://sae.gov.ua/sites/default/files/1\\_kv\\_2020\\_VDE.pdf](https://sae.gov.ua/sites/default/files/1_kv_2020_VDE.pdf) (дата звернення 19 червня 2021 р.).
5. Про ринок електричної енергії: Закон України від 15.04.2021 № 1396-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення 26 червня 2021 р.).
6. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 21.07.2020 № 810-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення 26 червня 2021 р.).
7. Про альтернативні види палива: Закон України від 20.09.2019 № 124-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>

8. Про комбіноване виробництво теплової та електричної енергії (когенерацію) та використання скидного енергопотенціалу: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2509-15#Text> (дата звернення 26 червня 2021 р.).

9. Звіт про результати стимулювання та використання енергії виробленої з відновлюваних джерел, в Україні за 2019-2020 рр. URL: [https://sae.gov.ua/sites/default/files/blocks/Zvit%20po%20VDE%20na%20YES%202019-2020%20ukr%2013.12.2021\\_0.pdf](https://sae.gov.ua/sites/default/files/blocks/Zvit%20po%20VDE%20na%20YES%202019-2020%20ukr%2013.12.2021_0.pdf) (дата звернення 26 червня 2021 р.).

10. Технічно-досяжний потенціал вироблення енергоносіїв з відновлюваних джерел енергії та альтернативних видів палива. URL: <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial> (дата звернення 26 червня 2021 р.).

11. Учасники та структура ринку електричної енергії. URL: <https://iknet.com.ua/uk/pages/structure-of-the-electricity-market/> (дата звернення 26 червня 2021 р.).

## REFERENCES

1. Smart Grids (n.d.). Retrieved from <https://cern.com.ua/2018/06/22/rozumni-merezhi/>
2. What is Smart Grid? (2020). Retrieved from <https://nv.ua/ukr/ukraine/so-skorostyu-sveta/shcho-take-smart-grid-50055452.html>
3. The Smart Grid (n.d.). Retrieved from [https://www.smartgrid.gov/the\\_smart\\_grid/smart\\_grid.html](https://www.smartgrid.gov/the_smart_grid/smart_grid.html)
4. Information on the capacity and volumes of electricity production by renewable electricity facilities, which have a "green" tariff (as of 01.04.2020). Retrieved from [https://sae.gov.ua/sites/default/files/1\\_kv\\_2020\\_VDE.pdf](https://sae.gov.ua/sites/default/files/1_kv_2020_VDE.pdf)
5. On the electricity market: Law of Ukraine (2021). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
6. About alternative energy sources: Law of Ukraine (2020). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
7. About alternative fuels: Law of Ukraine (2019). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>
8. On combined heat and power generation (cogeneration) and use of waste energy potential: Law of Ukraine (2017). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2509-15#Text>
9. Report on the results of stimulation and energy using from renewable sources in Ukraine for 2019-2020 (n.d.). Retrieved from [https://sae.gov.ua/sites/default/files/blocks/Zvit%20po%20VDE%20na%20YES%202019-2020%20ukr%2013.12.2021\\_0.pdf](https://sae.gov.ua/sites/default/files/blocks/Zvit%20po%20VDE%20na%20YES%202019-2020%20ukr%2013.12.2021_0.pdf)
10. Technically achievable potential for energy production from renewable energy sources and alternative fuels (n.d.). Retrieved from <https://sae.gov.ua/uk/activity/vidnovlyuvana-enerhetyka/potentsial>
11. Participants and structure of the electricity market (n.d.). Retrieved from <https://iknet.com.ua/uk/pages/structure-of-the-electricity-market/>