

## ПІДХОДИ ДО ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВПРОВАДЖЕННЯ РОЗУМНИХ ЕНЕРГОМЕРЕЖ<sup>1</sup>

**Вакулєнко І.А.**, к.е.н., асистент кафедри управління,  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
vakulenko@management.sumdu.edu.ua

**Колосок С.І.**, к.е.н., доцент, доцент кафедри управління,  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна  
kolosok@management.sumdu.edu.ua

**Суцєнко А.В.**, студентка кафедри управління,  
Сумський державний університет, м. Суми, Україна

*Розумна енергетика є еволюційним етапом розвитку енергетичного сектору економіки. Наявна інфраструктура енергетичного господарства багатьох країн по всьому світу базується на застарілих технологіях та принципах енергогенерації. Наявність прогресивних технологій, здатних більш ефективно виробляти та розподіляти енергію, мала стати запорукою швидкого розвитку галузі. Однак досвід реалізації енергетичних проєктів та труднощів, з якими відбувається модернізація енергетичного сектору, свідчить про суттєві проблеми організаційного та фінансового характеру, які стримують інвестиції в галузь. Це справедливо як для державних та приватних інвестицій у значимі масштабні енергетичні проєкти, так і для порівняно незначних капіталовкладень у локальні проєкти, у тому числі інвестування домогосподарствами. На сьогодні очевидно є потреба у розробленні підходів, які зроблять новітні енергоефективні технології, зокрема в електроенергетиці, з якою асоціюють розумні енергомережі, доступними для широкого кола споживачів. Мова йде про створення фінансових механізмів та бізнес-моделей, які перетворюють інвестиції у розумні енергомережі, не залежно від їх обсягу, у проєкти із нетривалим періодом окупності та високою рентабельністю. Очевидно, що на перешкоді цьому стоять об'єктивні фактори техніко-технологічного характеру, однак, у той же час, зрозуміло, що наявні можливості комерціалізації та поширення новітніх енергетичних технологій застосовуються недостатньо.*

*У статті проаналізовано наявний стан розвитку енергетичного сектору та перспективи застосування новітніх високоефективних інноваційних енергетичних технологій. Висвітлено організаційно-економічні аспекти поширення енергетичних інновацій, які відносять до сфери розумної енергетики, яку розглянуто у ширшому, ніж зазвичай у науковій літературі сенсі. Попри те, що стаття не пропонує чітко визначених механізмів трансферу енергоінновацій, здійснена аналітична робота може стати корисною для дослідників у даній сфері для розвитку власних ідей, спрямованих на пошук шляхів покращення стану вітчизняної та світової енергетики відповідно до наявних соціально-економічних та політичних викликів.*

**Ключові слова:** розумні енергомережі, відновлювана енергетика, організаційно-економічні механізми.

DOI: 10.21272/1817-9215.2021.1-3

### ВСТУП

Розумна енергомережа є загально прийнятим терміном для характеристики сучасної електромережі, де застосовуються новітні технології, а енергетична інфраструктура тісно пов'язана з інформаційно-комунікаційними технологіями, які дозволяють підняти рівень керування мережею та її ефективність на недосяжний ще десятиліття тому рівень.

### РЕЗУЛЬТАТИ

Однак успішні результати науково-дослідних розробок та ІТ-інфраструктури дозволяють розширити більш широко дивитися на розумні енергомережі, виходячи за межі традиційного її визначення як окремого виду електромережі.

Розумне вимірювання є базовим рівнем розвитку розумної енергомережі. Адже без застосування вимірювальних приладів не може бути досягнуто жодної з цілей розумної енергомережі, - вона буде звичайною традиційною енергомережею.

---

<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")

Елементарні вимірювальні пристрої як необхідна умова створення інфраструктури розумних енергомереж може бути швидко розгорнута із застосуванням централізованого підходу. Це далеко не найкращий варіант початку створення розумної енергомережі, однак для формування початкового імпульсу може бути цілком прийнятним, особливо за наявності необхідного фінансування від органів центральної та місцевої влади, або інвестиційних ресурсів енергетичних чи сервісних (енергетичних) компаній.

Однак попри важливість розгортання вимірювальних пристроїв, більш серйозним індикатором, який свідчить про готовність учасників енергетичного ринку розвивати розумні енергомережі, є частка виробництва енергії з відновлюваних енергетичних джерел, яка має розглядатися без відриву від її структури. Адже саме відновлювана енергетика забезпечує гнучкість енергетичної системи, її здатність розподіляти навантаження в мережі, що вкрай важливо для її ефективного функціонування.

Показники використання відновлюваної енергії за секторами економіки показано на рисунку 1.

*Таблиця 1 – Частки енергії з відновлюваних джерел у секторах [1]*

Сектор енергетики	2018 рік	2019 рік
ВДЕ в системах опалення та охолодження, %	7,99	9,02
ВДЕ в електроенергетиці, %	8,92	10,86
ВДЕ у транспортному секторі, %	2,20	3,07
Загальна частка ВДЕ (%), у тому числі:	7,01	8,06

Дані таблиці 2 свідчать про відсутність суттєвих успіхів у розвитку відновлюваної енергетики України.

*Таблиця 2 – Частка відновлюваної енергії у валовому кінцевому споживанні енергії по секторах (тис. тне) [1]*

Показник	2018	2019
Валовий кінцевий обсяг споживання енергії з відновлюваних джерел у системах опалення та охолодження	2 739,0	2854,0
Валовий кінцевий обсяг споживання електроенергії з відновлюваних джерел	1 120,6	1340,0
Валовий кінцевий обсяг споживання енергії з відновлюваних джерел у транспортному секторі	84,5	137,2
<b>Загальний валовий обсяг споживання енергії з відновлюваних джерел</b>	<b>3 944</b>	<b>4331,3</b>

Частка відновлюваних джерел енергії у системах опалення та охолодження становить близько 9%, що значно менше обсягів, які можна було очікувати. Це спостерігається на фоні переходу централізованих систем тепlopостачання на альтернативні джерела енергії для запобігання негативним ефектам, спричиненим очікуваним зростанням цін на природний газ до загрозливого для національної економіки рівня. Окрім того, це рішення, спрямоване на підвищення рівня національної безпеки. Адже залежність від закордонних енергоресурсів та потреба у значних обсягах їх імпорту спричиняє не лише фінансові проблеми. Дедалі більш очевидним стає факт використання енергетичних ресурсів як інструменту політичного впливу на країн-імпортерів. З огляду на те, хто є головним постачальником природного газу, нафти та нафтопродуктів до країн Європи, питання імпортозалежності від викопних енергоресурсів та диферсифікації імпорту має стратегічне значення та потребує нагального вирішення, проте навіть попри це частка альтернативної енергетики в енергетичному балансі України залишається на вкрай низькому рівні, як на рівні виробництва, так і споживання (табл. 2, рис. 1).

Щодо напрямків розвитку відновлюваної енергетики як складової розумної енергомережі та можливостей їх зростання варто проаналізувати обсяги енергогенерації отримані з джерел, які вважаються багатообіцяючими, а саме гідроенергетики та сонячної енергетики.

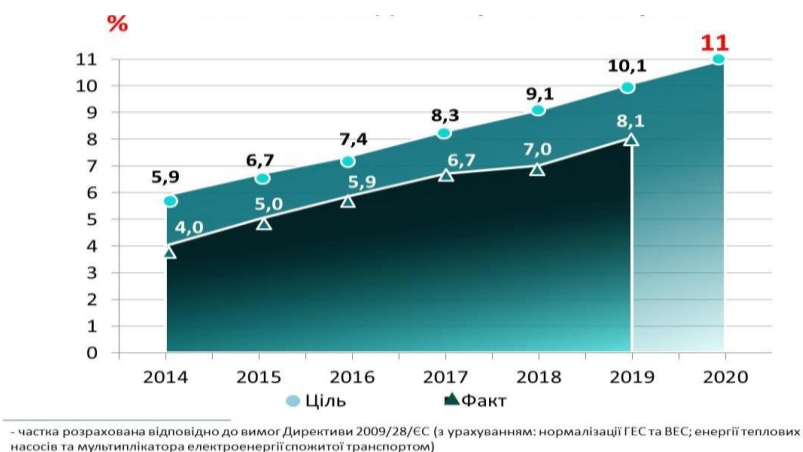


Рисунок 1 – Частка відновлюваних енергоджерел в енергетичному балансі України [2]

Таблиця 3 – Загальна фактична частка (встановлена потужність, валове виробництво електроенергії) кожної технології відновлюваної енергетики України [1]

	2018		2019	
	МВт	ГВт*год	МВт	ГВт*год
Гідроелектростанції:	6 229	12 005	6 340	7 854,8
не гідроакumuлюючі:	4 719	10 426 (10 964,4)	4830	6 508 (10821,6)
потужністю менше 1 МВт	40	102	50	110
потужністю 1-10 МВт	59	140	64	132
потужністю більше 10 МВт	4 620	10 184	4 716	6 266
гідроакumuлюючі	1 510	1 579,0	1 510	1346,8
змішані				
Геотермальні електростанції				
Сонячні електростанції:	1 388	1 107,5	4925	2932,8
фотоелектричні	1 388	1 107,5	4925	2932,8
на концентрованій сонячній енергії				
Електростанції на енергії припливу, хвиль, океану				
Вітрові електростанції:	533	1 188 (1 209,5)	1170	2 020 (1994,3)
наземні	533	1 188 (1 209,5)	1170	2 020 (1994,3)
морські				
Біомаса:	97	300,5	170	406,9
тверда	51	124,5	84	194,9
біогаз	46	176	86	212,0
біорідини				
УСЬОГО	8 403	14 588 (15 223,9)	12 605	13 214,5 (17 502,4)

Дані табл. 3 свідчать про швидке зростання обсягів виробництва сонячної енергії. Це пов'язано з використанням сучасних фотомодулів, які збільшують ефективність сонячних електростанцій. Однак, у першу чергу, такий ефект справили організаційно-економічні заходи щодо створення комфортних умов як для енергогенеруючих підприємств, так і для виробників обладнання, яке вони застосовують. Окрім того, створення таких виробництв дає сигнал наявним та потенційним учасникам ринку щодо його перспективності. Усе це базується на застосуванні «зеленого тарифу», який виступає драйвером розвитку галузі та викликає швидкий позитивний ефект у вигляді зростання обсягів генерації енергії з відновлюваних джерел. Однак, водночас, це є і

загрозою. Будь-які негативні зміни щодо нього (зниження або відміна) негайно позначатимуться на учасниках ринку, а відтак і на перспективах подальшого розвитку.

У той же час, важливо приділяти увагу не лише напрямку відновлюваної енергетики, який динамічно розвивається та є перспективним. Системний підхід до зростання частки відновної енергетики потребує застосування механізмів підтримки для всіх напрямків, які можуть стати економічно ефективними у короткостроковій перспективі. Такі механізми частково визначені нормативно-правовими актами, які регулюють відповідну сферу економічної діяльності. Наявна система державної підтримки відновної енергетики наведена в табл. 4

Таблиця 4 – Системи підтримки відновлюваної енергетики у 2019 році [1]

Рік застосування систем підтримки ВДЕ		Обсяг виробництва енергії, тис. т н.е.	Обсяг підтримки на одиницю євро/т. н. е	Загальний обсяг підтримки (тис. євро)*
1. Загальний річний орієнтовний обсяг підтримки в секторі виробництва електроенергії:		508,3	1 195	607 664
<i>а. Електроенергія вироблена з сонячного випромінювання</i>				
Інструменти	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	252,2	1 570	396 019
	СЕС домогосподарств за «зеленим» тарифом	26,1	38 210	38 210
<i>б. Електроенергія вироблена з вітру</i>				
Інструменти	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	173,9	703,5	122 333
<i>в. Електроенергія вироблена з біомаси</i>				
Інструменти	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	14,0	921,6	12 902
<i>г. Електроенергія вироблена з біогазу</i>				
Інструмент	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	21,3	899,2	19 154
<i>д. Електроенергія вироблена малими гідроелектростанціями</i>				
Інструмент	Різниця між «зеленим» тарифом та оптовою ринковою ціною	20,8	915,8	19 049

Попри необхідність розвивати відновлювану енергетику, сама по собі вона не є розумною енергомережею. Її потрібно інтегрувати до розумної енергомережі як невід'ємну її частину, щоб використати переваги, яку можуть бути отримані від включення відновної енергетики до розумної енергетичної системи. У роботі [10] переваги відновлюваної енергетичної системи розумних мереж характеризують так:

1) дозволяє відновлюваним джерелам енергії досягати вищої економічної ефективності, одночасно покращуючи якість та надійність електроенергії;

2) інтегрує споживачів як активних гравців до енергосистеми та призводить до економії, яка досягається за рахунок зменшення піків попиту та підвищення енергоефективності, а також скорочення викидів парникових;

3) підвищує ступінь регулювання напруги та контроль за навантаженням, наслідком чого є зниження вартості операцій на основі граничних витрат виробництва.

Бар'єром для прийняття технології інтелектуальних мереж є виправдання цінності постачальника послуг і замовника, за яким слідує нормативні обмеження та технологічні стандарти, які заважають технологіям розумних мереж [11].

## ВИСНОВКИ

Розумна енергомережа є складною енергетичною системою, що поєднує енергетичні технології та інформаційно-комунікаційні рішення для підвищення

економічної ефективності та техніко-технологічних показників функціонування енергомережі. Відновлювана енергетика є ключовим аспектом розвитку розумних енергомереж після завершення базової модернізації енергосистеми (встановлення вимірювального обладнання). З огляду на технічну недосконалість наявних технологій у відновлюваній енергетиці, які не забезпечують користувачів дешевими та швидкоокупними техніко-технологічними рішеннями енергогенерації з відновлюваних джерел, організаційно-економічні механізми підтримки галузі, зокрема «зелений тариф», мають істотне значення. Саме така підтримка сприяє розвитку відновлюваної енергетики, яка, в свою чергу, уможливорює прискорення темпів розбудови розумних енергомереж.

## SUMMARY

### *Vakulenko I., Kolosok S., Suschenko A. Approaches to intensification smart grids' implementation*

Smart energy is an evolutionary stage in developing the economy's energy sector. The existing energy infrastructure of many countries worldwide is based on outdated technologies and principles of energy generation. The availability of advanced technologies capable of producing and distributing energy more efficiently was to guarantee the rapid development of the industry. However, the experience of implementing energy projects and the difficulties with which the modernization of the energy sector is taking place show significant organizational and financial problems that hinder investment in the industry. This is true for both public and private investment in large-scale energy projects and relatively small investments in local projects, including household investments. Today, there is a clear need to develop approaches that will make the latest energy-efficient technologies, particularly electricity, which is associated with smart grids, available to a wide range of consumers. We are talking about creating financial mechanisms and business models that will turn investments into smart energy grids, regardless of their size, into projects with a short payback period and high profitability. Objective technical and technological factors hamper this, but at the same time, it is clear that the available opportunities for the commercialization and dissemination of new energy technologies are not used enough.

The article analyzes the current state of development of the energy sector and prospects for applying the latest highly efficient innovative energy technologies. The organizational and economic aspects of the spread of energy innovations belong to the field of smart energy, which is considered broader than usual in the scientific literature. Although the article does not offer clearly defined mechanisms for energy innovation transfer, the analytical work can be helpful for researchers in the field to develop their ideas to find ways to improve domestic and global energy in accordance with existing socio-economic and political challenges.

**Keywords:** *smart grids, renewable energy, organizational and economic mechanisms.*

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Звіт про результати стимулювання та використання енергії, виробленої з відновлюваних джерел, в Україні за 2018-2019 рр. URL: <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Report%20to%20Energy%20Commun%20RES%20UKraine%202018-2019%20%28final%29.pdf> (дата звернення 14 серпня 2020 р.).
2. Інформація щодо частки енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у кінцевому енергоспоживанні у 2019 році. URL: [https://saee.gov.ua/sites/default/files/RE\\_SAE\\_2019.pdf](https://saee.gov.ua/sites/default/files/RE_SAE_2019.pdf) (дата звернення 14 серпня 2020 р.).
3. Про ринок електричної енергії: Закон України від 01.09.2020 № 832-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення 14 серпня 2020 р.).
4. 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 14 серпня 2020 р.).
5. Про альтернативні види палива: Закон України від 20.09.2019 № 124-IX. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text> (дата звернення 14 серпня 2020 р.).
6. 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 14 серпня 2020 р.).
7. Clastres C. Smart grids: Another step towards competition, energy security and climate change objectives. *Energy Policy* 2011;39 (9):5399-408
8. Phuangpornpitaka N., Tiab S. Opportunities and Challenges of Integrating Renewable Energy in Smart Grid System. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213009995> (дата звернення 14 серпня 2020 р.).

## REFERENCES

1. Report on the results of stimulation and use of energy produced from renewable sources in Ukraine for 2018-2019 (2020). Retrieved from <https://saee.gov.ua/sites/default/files/Report%20to%20Energy%20Commun%20RES%20UKraine%202018-2019%20%28final%29.pdf>

2. Information on the share of energy produced from renewable sources in final energy consumption in 2019 (2020). Retrieved from [https://sae.gov.ua/sites/default/files/RE\\_SAE\\_2019.pdf](https://sae.gov.ua/sites/default/files/RE_SAE_2019.pdf)
3. On the electricity market: Law of Ukraine (2020). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text>
4. About alternative energy sources: Law of Ukraine (2020). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text>
5. About alternative fuels: Law of Ukraine (2019). Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1391-14#Text>
6. 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>
7. Clastres, C. (2011). Smart grids: Another step towards competition, energy security and climate change objectives. *Energy Policy*, 39 (9), 5399-408.
8. Phuangpornpitaka, N., & Tiab, S. (2013). Opportunities and Challenges of Integrating Renewable Energy in Smart Grid System. *Energy Procedia*, 34, 282-290. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1876610213009995>