

Лазуренко Олександр Павлович, к.т.н., проф., завідувач кафедри електричних станцій, +380(57)707-65-65, oleksandr.lazurenko@khp.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4409-629X)

*Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»
вул. Кирпичова, 2, Харків, Україна, 61002.*

Нечаєва Тетяна Петрівна, канд. техн. наук, провідний науковий співробітник відділу прогнозування розвитку електроенергетичного комплексу, sm261245@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-9154-4545

*Інститут загальної енергетики Національної академії наук України
вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна, 03056*

Черкашин Микола Сергійович, аспірант, sm261245@gmail.com, ORCID ID: 0009-0009-3525-3669

*Інститут загальної енергетики Національної академії наук України
вул. Борщагівська, 115, м. Київ, Україна, 03056*

Черкашина Галіна Іванівна, канд. техн. наук, доцент кафедри електропостачання, sm261245@gmail.com, ORCID ID: 0000-0003-3773-7498

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Берестейський проспект (Перемоги), 37, м. Київ, Україна, 03056

АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ ПОНЯТТЯ «СПОЖИВАЧІ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ» В СУЧАСНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ

Анотація. Наразі у світі відбувається черговий енергетичний перехід у напрямку 5D (Декарбонізація, Децентралізація, Діджиталізація, Дерегуляція та Демократизація). Формується нове бачення Енергосистеми «Від споживача» або «Фокус на споживача».

Приєднання України до Енергетичного Співтовариства Південно-Східної Європи у 2011 році започаткувало нові принципи побудови та функціонування енергетичної сфери, зокрема електроенергетики. Поетапна імплементація енергетичних пакетів поступово змінювала модель роботи ринку електроенергії, що істотно вплинуло на склад учасників ринку, їхні функції, обов'язки та можливості. Споживачі електроенергії також стали частиною цих змін. За майже десятиліття трансформації їхня роль і значення в електроенергетичній галузі перейшли на якісно новий рівень – з пасивних елементів системи вони стали активними учасниками, що отримали можливість брати участь в формуванні, керуванні, забезпеченні режимів, процесів в енергетичній сфері. В статті наведена оновлена класифікація споживачів електричної енергії, що відображає сучасні тренди розвитку електроенергетики. Показані місце і роль споживача в ринку електричної енергії. Розглянуті наявні економічні стимули для споживачів, що формують відповідні моделі їх поведінки.

Ключові слова. споживач, активний споживач, споживач-просумер, малий побутовий споживач, приватне домогосподарство, енергетичний кооператив, ринок електричної енергії, агрегатор, вартість електричної енергії, відновлювані джерела енергії, установка збирання енергії, фотоелектрична станція.

Lazurenko Oleksandr, Ph.D. (Eng.), Professor, Department of Power Plants, +380(57)707-65-65, oleksandr.lazurenko@khpi.edu.ua, ORCID ID: 0000-0002-4409-629X

*National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute
2, Kyrpychova str., 61001, Kharkiv, Ukraine*

Nechaeva Tatiana, Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of the Department of Forecasting the Development of the Electric Power Complex, sm261245@gmail.com, ORCID 0000-0001-9154-4545

Institute of General Power Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine

115, Borshchagivska St., Kyiv, Ukraine, 03056

Cherkashin M., Postgraduate Student, sm261245@gmail.com, ORCID 0009-0009-3525-3669

Institute of General Power Engineering of the National Academy of Sciences of Ukraine

115, Borshchagivska St., Kyiv, Ukraine, 03056

Cherkashina Halyna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Power Supply, sm261245@gmail.com, ORCID 0000-0003-3773-7498

*National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"
37, Beresteyskyi Avenue (Peremohy), Kyiv, Ukraine, 03056*

ANALYSIS OF THE EVOLUTION OF THE CONCEPT OF "ELECTRICITY CONSUMERS" IN MODERN ENERGY SECTOR

Abstract. *Currently, the world is undergoing another energy transition in the direction of 5D (Decarbonization, Decentralization, Digitalization, Deregulation and Democratization). A new vision of the Energy System "From the Consumer" or "Focus on the Consumer" is being formed. Ukraine's accession to the Energy Community of South-East Europe in 2011 initiated new principles for the construction and functioning of the energy sector, in particular the electricity sector. The phased implementation of energy packages gradually changed the model of the electricity market, which significantly affected the composition of market participants, their functions, responsibilities and capabilities. Electricity consumers also became part of these changes. Over almost a decade of transformation, their role and significance in the electric power industry have moved to a qualitatively new level - from passive elements of the system, they have become active participants who have the opportunity to participate in the formation, management, and maintenance of regimes and processes in the energy sector. The article presents an updated classification of electric energy consumers, reflecting modern trends in the development of the electric power industry. The place and role of the consumer in the electric power market are shown. The existing economic incentives for consumers that form the corresponding models of their behavior are considered.*

Keywords: *consumer; active consumer; prosumer consumer; small non-household consumer; private household; energy cooperative; electricity market; aggregator; cost of electricity; renewable energy sources; energy storage installation; photovoltaic station.*

Вступ. Ефективність, якість, надійність, вартість режимів електроенергетичної системи визначаються характеристиками балансу виробництва та споживання електричної енергії в кожний момент часу роботи

системи. Слід відзначити, що саме споживач своїми моделями поведінки, графіком електроспоживання/генерації/накопичування, якісним та кількісним складом електроустаткування визначає умови забезпечення балансу.

У зв'язку з цим розкриття та систематизація поняття «споживач електричної енергії» набуває особливої актуальності. Така систематизація дозволяє структурувати класифікацію споживачів відповідно до новітніх технологічних і організаційних змін в енергосекторі, аналізувати існуючі та формувати нові технічні можливості, фінансові стимули споживачів для ефективної роботи в системі, що, у свою чергу, створює підґрунтя для:

- підвищення надійності та енергоефективності роботи системи за рахунок інтеграції активних споживачів, які можуть не лише споживати, а й генерувати та накопичувати електроенергію (просумери);

- децентралізації ресурсів генерації, коректного інтегрування відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в систему через улаштування установок генерації (УГЕ), установок зберігання електричної енергії (УЗЕ) на об'єктах споживачів, відповідно, через набуття споживачами статусу «активний споживач» (просумер), споживач-агрегатор, споживач з регульованим навантаженням;

- розширення функціональних ролей споживачів, включаючи участь у виробництві, зберіганні та балансуванні енергії;

- розробка ефективних стратегій управління попитом, генерацією, накопичуванням електричної енергії електроустановками споживачів, що враховують особливості кожної групи споживачів;

- оптимізація режимів споживання, генерації, накопичування електроенергії, завдяки чіткій структуризації типів і характеристик споживачів;

- покращення планування режимів роботи енергосистеми за рахунок точнішого прогнозування навантажень, генерації, накопичування;

- формування бази для побудови ефективної тарифної політики з урахуванням характеру, гнучкості споживання, генерації, накопичування споживачів;

– інтеграції споживачів у «розумні мережі» (smart grids) – ключової технології об'єднання розподіленої генерації в енергосистемі (в мікромережі), де вони стають повноцінними суб'єктами енергетичних процесів.

Сучасне розуміння ролі споживача електричної енергії відкриває нові можливості для побудови адаптивної, ефективної та стійкої енергосистеми.

Метою статті є упорядкування сучасної сутності категорії «споживач електричної енергії», аналіз результатів ринкової адаптації цієї категорії в результаті трансформацій, що відбулись в енергетичному законодавстві, а також можливостей реалізації споживачами наявного (набутого) потенціалу в інтелектуальній, інвестиційній, виробничо-технологічній та економічній сферах.

Викладення основного матеріалу. Класифікація споживачів електричної енергії у відповідності до сучасних умов функціонування енергетики. Первинно, згідно Закону України Про ринок електричної енергії [1], розрізняють наступні типи споживачів електричної енергії:

- споживач – фізична особа, у тому числі фізична особа – підприємець, або юридична особа, що купує електричну енергію для власного споживання;
- активний споживач (АС) – споживач, що споживає електричну енергію та виробляє електричну енергію, та/або здійснює діяльність із зберігання енергії, та/або продає надлишки виробленої та/або збереженої електричної енергії, або бере участь у заходах з енергоефективності та управління попитом, за умови що ці види діяльності не є його основною господарською або професійною діяльністю.

ДСТУ HD 60364-8-2:2022[2] також розрізняє споживачів електричної енергії [2] за наявністю або відсутністю можливості виробництва:

- споживач <електроенергії> – організація або особа, яка використовує електроенергію для власних потреб;
- просумер – суб'єкт або особа, яка може бути як виробником, так і споживачем електричної енергії і приймати участь в її регулюванні.

Статусу «Активний споживач» можуть набути наступні типи «Споживачів»:

- малий непобутовий споживач;
- непобутовий споживач;
- побутовий споживач (індивідуальний, колективний – багатоквартирний будинок, гуртожиток, приватне домогосподарство).

Наведені вище споживачі можуть бути:

- основний споживач;
- субспоживач;
- вразливі споживачі;
- захищені споживачі.

Споживачі, що можуть існувати в ринку електричної енергії у вигляді об'єднань:

- енергетичний кооператив (ЕК);
- об'єднання співвласників багатоповерхової будівлі (ОСББ);
- мікромережа (мікрогрід) (ММ);
- мала система розподілу (МСР);
- індустріальний парк;
- агрегована група (АГ);
- балансуєча група (БГ).

Згідно 4 енергопакету розділяють наступні типи споживачів та об'єднань, що можуть бути легалізовані в Україні:

- ВДЕ-громада;
- спільно діючі споживачі відновлюваної енергії власного виробництва;
- громадянська енергетична спілка;
- споживач відновлюваної енергії власного виробництва;
- оптовий споживач;
- кінцевий споживач.

За типом приєднання до системи:

- стандартне приєднання:
 - I ступінь;

○ II ступінь;

- нестандартне приєднання.

До стандартного приєднання можуть відноситись побутові та малі непобутові споживачі. До нестандартного приєднання – непобутові споживачі.

Традиційні класифікаційні ознаки споживачів [3]:

- за призначенням (промислові, побутові, сільськогосподарські, транспорт);
- за категоріями надійності електропостачання (особлива, перша, друга, третя категорії);
- за видом споживаного струму (постійний, змінний);
- за типом підключення (однофазні, трифазні);
- за напругою (до/вище 1000 В);
- за умовою улаштування (внутрішні, зовнішні);
- за характером навантаження (активні, індуктивні, ємнісні, змішані);
- за режимом роботи (тривалий, короткочасний, повторно-короткочасний);
- за рівнем автоматизації (автоматизовані, неавтоматизовані);
- за мобільністю (стаціонарні, переносні);
- за наявністю програмного керування (мають, не мають);
- за впливом на показники якості електричної енергії (впливають, не впливають);
- за можливістю участі в управлінні режимами роботи енергосистеми (можуть приймати, можуть приймати з дискомфортом для користувача, не можуть приймати);
- за можливістю акумулювання енергії (наявна/відсутня здатність накопичування енергії, прямі/непрямі накопичувачі енергії);
- за типом роботи (двигунові, нагрівальні, освітлювальні, електронні).

Нові класифікаційні ознаки споживачів, що пропонуються:

- за класом енергоефективності (A, B, C, D, E, F, G);
- за характером взаємодії з енергосистемою (споживач, активний споживач);
- за типом просьюмера (автономні, підключені до мережі, острівні);

- за типом мережі живлення (автономний, підключений до мікромережі, підключений до централізованої мережі, змішані);
- за здатністю до автономної роботи (автономні, частково автономні, залежні);
- за застосуванням цифрових технологій (цифрові, традиційні);
- за екологічною стійкістю (стійкі, нейтральні, нестійкі);
- за вразливістю;
- за захищеністю;
- за типом площадки комерційного обліку (площадка типу «а», площадка типу «б»);
- за складом споживача (індивідуальний, об'єднання).

Наявність певних класифікаційних ознак споживача є індикатором його можливостей, обмежень, привілеїв (захищеність), обов'язків щодо функціонування в електроенергетичній системі. Наприклад, статус активного споживача можуть набути окремі споживачі – побутовий споживач (у вигляді приватного домогосподарства), малий непобутовий споживач, непобутовий споживач (потужністю до 5 МВт), об'єднання споживачів – енергетичний кооператив, ОСББ, що облаштовані площадкою комерційного обліку типу «а»; об'єднуватись в агреговані групи можуть виключно активні споживачі.

Можливості участі споживачів електричної енергії в сегментах ринку електричної енергії України.

Ринок електричної енергії України поділяється на оптовий та роздрібний ринок електричної енергії. В свою чергу оптова частина представлена наступними сегментами:

- ринок двосторонніх договорів;
- ринок «на добу наперед»;
- внутрішньодобовий ринок;
- балансуючий ринок;
- ринок допоміжних послуг.

Традиційно, споживачі електричної енергії виконували тільки одну функцію в ринку електричної енергії – купівля енергії. Побутові та малі

непобутові споживачі мали можливість здійснювати купівлю через постачальника універсальних послуг на роздрібному ринку. Непобутові споживачі купували енергію:

- на роздрібному ринку через постачальника електричної енергії за вільними цінами;
- на оптовому ринку за прямими договорами з виробниками електричною енергії та забезпеченням питання врегулювання небалансів.

Нові ринкові правила значно розширили можливості споживачів, особливо це торкнулось побутових та малих непобутових споживачів. В таблиці 1 наведені форми участі споживачів в ринку електричної енергії.

Окрім опцій виробництва та споживання споживачі набули можливість надавати певний перелік послуг в ринку електричної енергії:

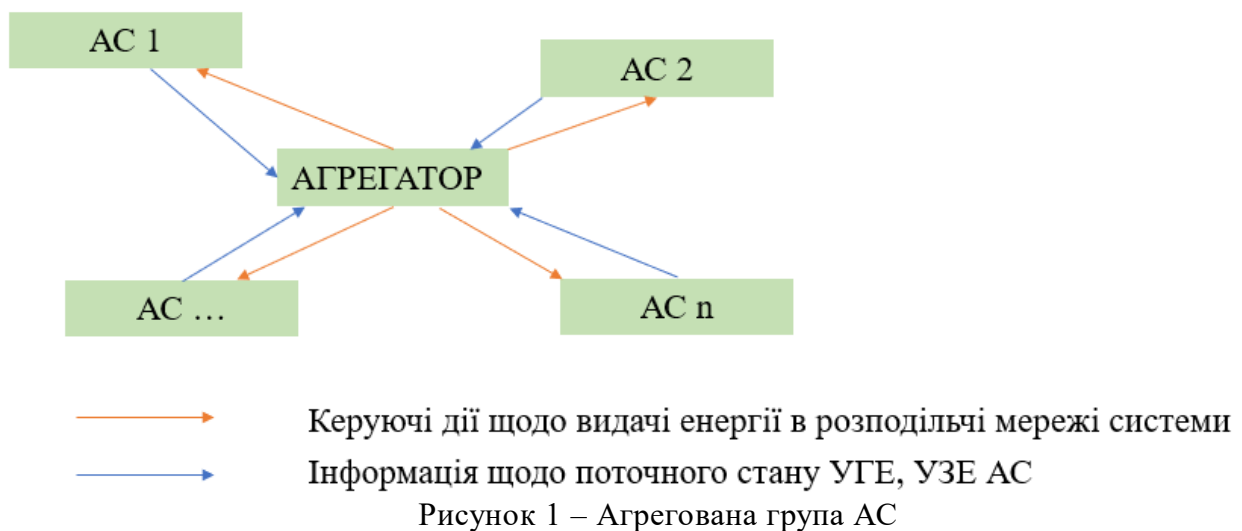
- реагування на попит;
- послуги з балансування;
- послуги зі зменшення навантаження генерації;
- допоміжні послуги;
- управління попитом.

Визначений перелік доступних до виконання послуг залежить від наявності у споживача необхідних класифікаційних ознак. Слід відмітити, що формально (юридично) АС мають право брати участь на усіх сегментах оптового ринку. Разом з цим, практично існують певні обмеження. На ринку «на добу наперед», внутрішньодобовому ринку мінімальною пропозицією продажу електричної енергії є 100 кВт за потужністю. Таким чином, окремі побутові та малі непобутові споживачі, потужність установок яких обмежена потужністю 50 кВт, не відповідають цьому мінімуму.

Таблиця 1 – Опції споживачів в ринку електричної енергії

Споживач			Активний споживач					Споживач		
Тип споживача			Малий непобутовий	Непобу- товий	Побу- товий	Енергетичний кооператив, ОСББ	Об'єднання споживачів (АГ, БГ, ІП, МСР, ММ)	Малий непобу- товий	Непобутовий	Побутовий
ринок		Роль								
оптовий	двосторонніх договорів	виробник	-	+	-	+	+	-	-	-
		споживач	-	+	-	+	+	-	+	-
	ринок «на добу на перед»	виробник	-	+	-	+	+	-	-	-
		споживач	-	+	-	+	+	-	+	-
	внутрішньо- добовий	виробник	-	+	-	+	+	-	-	-
		споживач	-	+	-	+	+	-	+	-
роздрібний		виробник	+	+	+	+	+	-	+	-
		споживач	+	+	+	+	+	+	+	+
балансуючий			+	+	+	+	+	-	+	-
допоміжних послуг			+	+	+	+	+	-	+	-
									(в складі агрегованої групи, (в складі агрегованої групи, за рахунок застосування власних електроустановок споживання, виробництва, зберігання е/е))	

На ринку двосторонніх договорів також улаштовані обмеження щодо мінімальної пропозиції. Згідно регламенту організації та проведення електронного аукціону з продажу електричної енергії на товарній біржі – Товариство з обмеженою відповідальністю «Українська енергетична біржа», на базі якої улаштований один з майданчиків ринку двосторонніх договорів, стартовою пропозицією є 1 МВт·г [5]. Відомо, що агрегатори – це учасники енергетичного ринку, які надають послуги з агрегування виробництва енергії з різних джерел, включаючи локальне управління попитом і пропозицією. Право АС на базі приватних домогосподарств та малих непобутових споживачів щодо участі в сегментах оптового ринку електричної енергії України може бути реалізоване через об'єднання таких споживачів в агреговані групи (рис. 1).



Механізми залучення активних споживачів до надання послуг в ринку електричної енергії (РЕЕ) України. Умовами залучення АС до надання послуг в РЕЕ є:

- наявність технічної здатності;
- наявність економічного стимулу.

До технічних засобів відносяться УТЕ, УЗЕ, що є обов'язковими атрибутами АС; улаштовані АСКОЕ (Автоматизована Система Комерційного Обліку Електричної Енергії), ЛУЗОД (Локальне Устаткування Збору та

Обробки Даних), що є обов'язковою умовою використання механізмів підтримки споживачів з ВДЕ («зелений тариф», механізм самовиробництва).

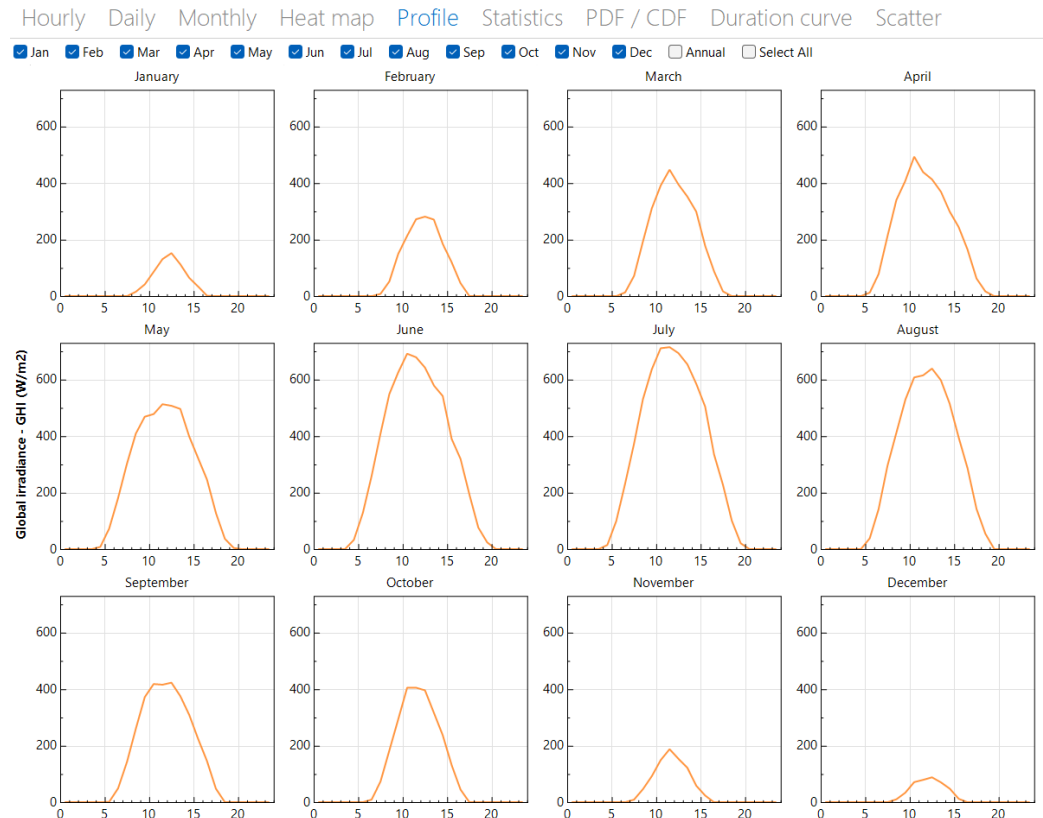
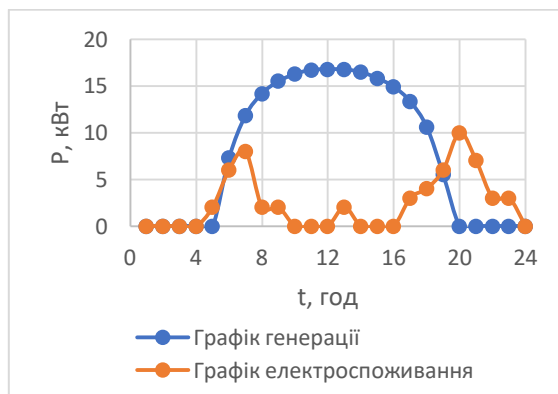
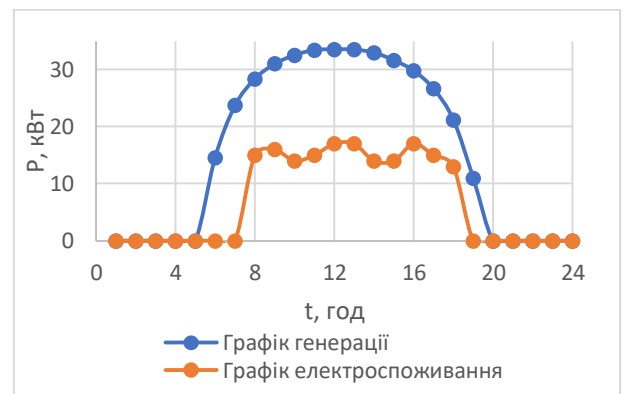


Рисунок 2 – Місячні профілі сонячної інсоляції

Графіки електроспоживання (ГЕС) та електрогенерації об'єктів дослідження для типового дня червня (11.06.2024 р.) наведено на рис. 3



а) приватне домогосподарство



б) малий небутовий споживач

Рисунок 3. – Графіки генерації та споживання електричної енергії АС

Використання зонних тарифів для побутових споживачів – наявність зонного лічильника комерційного обліку електричної енергії.

Виконаємо моделювання застосування різних механізмів підтримки АС щодо визначення наявності мотивації участі останніх в улаштуванні ефективних режимів роботи енергосистеми.

У якості об'єктів дослідження прийняті АС, що розташовані в Київській області:

- побутовий споживач у вигляді приватного домогосподарства. Потужність фотоелектричної станції (ФЕС), $P_{\text{ФЕС}} = 20$ кВт. Площа скату даху, яка улаштована сонячними панелями – 100 м^2 .
- малий непобутовий споживач. Потужність ФЕС, $P_{\text{ФЕС}} = 40$ кВт. Площа скату даху, яка улаштована сонячними панелями – 200 м^2 .

Моделювання сонячної інсоляції здійснювалось з використанням вільного за доступом програмного продукту System Advisor Model™ (SAM™)[6]. На рис. 2 показані профілі сонячної інсоляції для типового дня місяця за місцем розташування об'єктів дослідження в Київській області.

Обчислення плати АС за «зеленим» тарифом, $P_{\text{ЗТ}}$, виконуємо за виразом:

$$P_{\text{ЗТ}} = T_3 \cdot W \quad (1)$$

де T_3 – «зелений» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками АС, $T_3 = 586,2$ грн/кВт·год – «зелений» тариф на електричну енергію, вироблену з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками приватних домогосподарств, встановлена потужність яких не перевищує 30 кВт та які введені в експлуатацію з 01.01.25 р. по 31.12.25 р. [7], $T_3 = 473,79$ грн/кВт·год – «зелений» тариф на електричну енергію, вироблену з енергії сонячного випромінювання генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів, встановлена потужність яких не перевищує 150 кВт, за умови їх розташування на дахах та/або фасадах будівель та інших капітальних споруд, та які введені в експлуатацію з 01.01.25 р. по 31.12.29 р. [8]; W – обсяг проданої електричної енергії за «зеленим» тарифом.

Обчислення плати АС за механізмом самовиробництва обчислюємо за методикою, яка визначена [9].

Обсяги віддачі електричної енергії в мережу та прийому електричної енергії з мережі оператора системи розподілу (ОСР), $W_{c,\Gamma}^{k,j}$:

$$W_{c,\Gamma}^{k,j} = W_c^{k,j} - W_\Gamma^{k,j} \quad (2)$$

де $W_c^{k,j}$ – обсяг прийому з мережі ОСР в k -ту годину j -ї доби в мережу активного споживача;

$W_\Gamma^{k,j}$ – обсяг віддачі в мережу ОСР в k -ту годину j -ї доби з мереж АС;

j – день календарного місяця;

k – година доби.

Вартість відібраної електричної енергії, B_H :

$$B_H = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{24} W_H^{k,j} \cdot \Pi_{\text{пост}}^{k,j} - (W_{\text{УЗЕ}}^{\text{відпуску}}) \cdot (T_{\text{роз}} + T_{\text{пер}}) \quad (3)$$

де $W_H^{k,j}$ – додатні сальдовані значення $W_{c,\Gamma}^{k,j}$ (відбір з мережі ОСР);

$\Pi_{\text{пост}}^{k,j}$ – ціна продажу споживачу (відповідно до комерційної пропозиції), з урахуванням тарифу на розподіл та передачу;

$T_{\text{роз}}$ – тариф на розподіл;

$T_{\text{пер}}$ – тариф на передачу;

$W_{\text{УЗЕ}}^{\text{відпуску}}$ – обсяг відпущеної в мережу оператора системи електричної енергії за розрахунковий місяць, яка була відібрана із мереж оператора системи і збережена установкою зберігання. У разі відсутності установи зберігання або не забезпечення активним споживачем комерційного обліку відпуску електричної енергії установкою зберігання, яка була відібрана із мереж оператора системи і збережена установкою зберігання, $W_{\text{УЗЕ}}^{\text{відпуску}}$, приймається рівним 0.

Вартість відпущеної електричної енергії, B_B :

$$B_B = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^{24} (W_B^{k,j} \cdot T_{\text{п}}^{k,j}) + \sum_{k=1}^n \sum_{j=1}^{24} (W_{\text{перевищ}}^{k,j} \cdot T_{\text{перевищ}}^{k,j}) \quad (4)$$

де $W_B^{k,j}$ – від’ємні сальдовані значення $W_{c,\Gamma}^{k,j}$ (відпуск в мережу ОСР);

$T_{\pi}^{k,j}$ – ціна відпущеної електричної енергії:

- для приватних домогосподарств без УЗЕ та малих непобутових споживачів, яким здійснює постачання постачальник універсальних послуг,

$T_{\pi}^{k,j}$ становить ціну РДН k -ої години, j -ої доби;

- для приватного домогосподарства, де встановлена УЗЕ, $T_{\pi}^{k,j}$ становить ціну РДН k -ої години, j -ої доби, але не вище ціни, за якою постачальник універсальних послуг здійснює постачання електроенергії побутовим споживачам, $C_{\text{пс}} = 4,32$ грн/кВт·год [10];

$W_{\text{перевищ}}^{k,j}$ – обсяг:

- для споживачів, яким постачання електричної енергії здійснює постачальник універсальних послуг; обсяг, що перевищує обсяг виробництва, який відповідає встановленій згідно з договором потужності електрогенеруючої установки у k -ій годині, j -ої доби;

- для споживачів, яким постачання електричної енергії здійснює постачальник за вільними цінами, – обсяг, що перевищує обсяг виробництва, який відповідає дозволений до відпуску згідно з договором потужності у k -ій годині, j -ої доби.

$T_{\text{перевищ}}^{k,j}$ – вільна ціна купівлі обсягу електричної енергії, що перевищує обсяг виробництва, який відповідає встановленій згідно з договором потужності електрогенеруючої установки у k -ій годині, j -ої доби, з урахуванням наступних обмежень:

- для побутових споживачів – ціна, що склалась на ринку «на добу наперед» у відповідну годину доби, але не вище фіксованої ціни для побутових споживачів, з урахуванням зонних коефіцієнтів (в разі застосування);

- для малих непобутових споживачів – ціна на ринку «на добу наперед» у відповідну годину доби але не вище ціни постачання малим непобутовим споживачам.

Якщо, $B_{\text{н}} > B_{\text{в}}$, то споживач оплачує електропостачальнику:

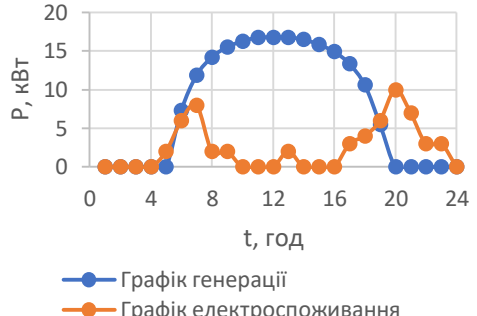
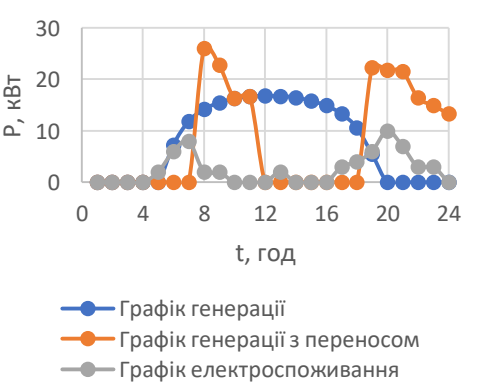
$$P_{\text{сп}} = B_{\text{н}} - B_{\text{в}} \quad (5)$$

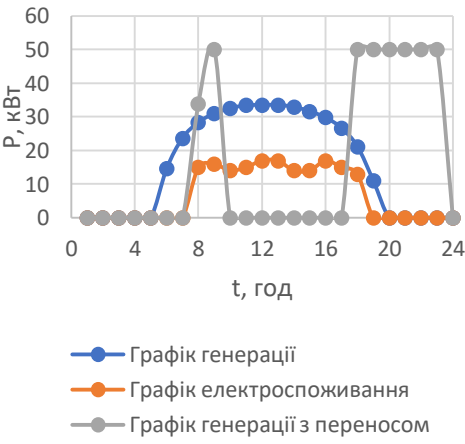
Якщо, $B_{\text{н}} < B_{\text{в}}$, то електропостачальник оплачує споживачу:

$$P_{\text{пос}} = B_{\text{в}} - B_{\text{н}} \quad (6)$$

В табл. 2 зведені результати розрахунків для доби 11.06.2024 р.

Таблиця 2 – Результати розрахунків

№ з/п	Тип підтримки	Графічна візуалізація споживання та генерації	Вартість споживання ел. енергії, V_H , грн.	Вартість генерації ел. енергії, V_B , грн.	$V_B - V_H$, грн
1 Приватне домогосподарство без УЗЕ					
1.1	«Зелений» тариф		250,56	1107,50	856,94
1.2	Механізм самовиробництва		250,56	766,24	515,68
1.3	«Зелений» тариф+ використання двозонного тарифу		205,20	1107,50	902,3
1.4	Механізм самовиробництва+ використання двозонного тарифу		205,20	766,24	561,04
2 Приватне домогосподарство з УЗЕ					
2.1	«Зелений» тариф		250,56	1107,50	856,94
2.2	Механізм самовиробництва з переносом генерації (акумулювання)		250,56	829,31	578,75
2.3	«Зелений» тариф+ використання двозонного тарифу		205,20	1107,50	856,94
2.4	Механізм самовиробництва (з акумулюванням)+ використання двозонного тарифу		205,20	829,31	624,11

3 Малий непобутовий споживач					
3.1	«Зелений» тариф	 —●— Графік генерації —●— Графік електроспоживання —●— Графік генерації з переносом	1012,39	1819,07	806,68
3.2	Механізм самовиробництва		1012,39	1532,47	520,08
3.3	Механізм самовиробництва з переносом генерації (акумулявання)		1012,39	2591,83	1579,44

Зміна плати Π_1 показує реакцію вартості електричної енергії за зміну добового графіку електроспоживання, тобто наявність фінансового стимулювання кінцевого споживача до керування своїм навантаженням. Відповідно, зміна плати Π_2 показує реакцію вартості електричної енергії на зміну добового графіку генерації, тобто наявність фінансового стимулювання кінцевого споживача до керування своєю генерацією.

Результати розрахунків дозволяють сформулювати наступні висновки:

1) для приватних домогосподарств наразі відсутні стимули брати участь в формуванні енергоефективних режимів ЕЕС в частині видачі енергії від власних СЕС в мережу. Найбільш вигідним для застосування виявився механізм підтримки у вигляді «зеленого» тарифу, використання якого жодним чином не мотивує активного споживача до формування графіків генерації у спосіб, який є ефективним для енергетичної системи (Π_2 за цим тарифом не чутлива до зміни графіка генерації). Використання механізму самовиробництва демонструє чутливість Π_2 до зміни графіку генерації, але за найкращого варіанту, Π_2 за використання механізму самовиробництва значно менша ніж Π_2 за «зеленим» тарифом. Стимулювання приватних домогосподарств в частині регулювання графіків споживання реалізується через застосування тарифів на електричну енергію, диференційованих за зонами доби. Дані тарифи мотивують споживачів до переносу свого споживання в статично визначену зону «провалу» енергосистеми, але не надають можливості стимулювати споживача до динамічного керування

своїм навантаженням з огляду на потреби енергосистеми локально в точці приєднання споживача. Актуальність даного аспекту підсилюється з огляду на широке запровадження розосередженої, локальної генерації;

2) для малих побутових споживачів є актуальним регулювання графіку генерації електричної енергії від СЕС в години найбільшої вартості енергії на РДН, що відповідають «піковим» зонам енергетичної системи. Саме за таких умов P_2 є найбільшою. Тобто, наразі вже наявні інструменти для стимулювання МНС до формування власного графіку генерації у відповідності до потреб енергосистеми. Нажаль мотивація до керування попитом у МНС повністю відсутня.

Висновок. Процес трансформації поняття «споживач електричної енергії» через нормативне врегулювання, технічне оснащення, що відбувся на сьогодні, вніс суттєві корективи в розуміння, сутність, можливості цієї категорії енергетичної системи. В структурі загального споживання електричної енергії на рівні нашої країни на долю побутових споживачів та малих побутових споживачів припадає біля 50 % енергії, що говорить про їх значний вплив на режими роботи енергетичної системи. А отже, такі споживачі на рівні з побутовими споживачами мають бути залученими до прогнозування та синтезу енергоефективних режимів роботи системи. Підвищення ефективності роботи енергетичної системи можливе за рахунок улаштування коректних режимів, коректного повсюдного впровадження розосередженої генерації. Для реалізації вищезазначеного, в частині участі побутових споживачів та малих побутових споживачів, необхідно розробити техніко-економічні стимули щодо участі даних споживачів в регулюванні власних графіків споживання та власних графіків генерації електричної енергії у відповідності до потреб електроенергетичної системи.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК:

1. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 12.03.2025).
2. ДСТУ HD 60364-8-2:2022 Низьковольтні електроустановки. Частина 8-2. Низьковольтні електроустановки Prosumer (HD 60364-8-2:2018, IDT; IEC 60364-8-2:2018, IDT), затверджений

Наказом ДП «УкрНДНЦ» від 28.12.2022 № 285 Про пакетне прийняття європейських нормативних документів CEN/CENELEC.

3. Лазуренко О.П., Лисичкина Д.С., Черкашина Г.І. «Новий підхід до класифікації споживачів електричної енергії», Світлотехніка та електроенергетика. №. 1, 2008. С. 76–80.

4. Нечасва Т.П., Черкашин М.С. Оновлення класифікації споживачів електричної енергії. Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку. *Збірник наукових праць X Міжнародної науково-технічної конференції у місті Києві 26-27 листопада 2024 р.* Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 216 с. С. 252 – 253.

5. Товариство з обмеженою відповідальністю «Українська енергетична біржа» (код ЄДРПОУ 37027819). URL: https://www.ueex.com.ua/files/ueex_regulations_of_electronic_specialized_auctions_electricity.pdf?1741772917 (дата звернення 31.03.2025);

6. The System Advisor Model™ (SAM™). URL: <https://sam.nrel.gov/> (дата звернення 25.03.2025);

7. Постанова НКРЕКП № 465 від 25.03.2025 р. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками приватних домогосподарств URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu-generuyuchimi-ustanovkami-privatnih-domogospodarstv-12> (дата звернення 31.03.2025);

8. Постанова НКРЕКП № 464 від 25.03.2025 р. Про встановлення «зелених» тарифів на електричну енергію, вироблену генеруючими установками споживачів, у тому числі енергетичних кооперативів, встановлена потужність яких не перевищує 150 кВт URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu-generuyuchimi-ustanovkami-spozhyvachiv-u-tomu-chisli-energetichnih-kooperativiv-vstanovlena-potuzhnist-yakih-ne-perevish-12> (дата звернення 31.03.2025);

9. Порядок продажу та обліку електричної енергії, виробленої активними споживачами, та розрахунків за неї, затвердж. Постановою НКРЕКП № 2651 від 29.12.2023 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2651874-23#n9> (дата звернення 31.03.2025);

10. Постанова КМУ № 632 від 31.05.2024 р. Про внесення змін до постанови Кабінету Міністрів України від 5 червня 2019 р. № 483. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/632-2024-%D0%BF#Text> (дата звернення 20.03.2025);

11. Результати торгів РДН 11.06.2024 р URL: https://www.oree.com.ua/index.php/control/results_mo/DAM (дата звернення 25.03.2025);

12. Ціна на універсальні послуги ТОВ «Київські енергетичні послуги» для малих побутових споживачів, що приєднані до мереж ПРАТ “ДТЕК КИЇВСЬКІ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ” на червень 2024 року URL: [ЯЧО МНС](#) (дата звернення 25.03.2025).

REFERENCES:

1. Pro rynek elektrychnoi enerhii: Zakon Ukrainy vid 13.04.2017 № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (data zvernennia: 12.03.2025).

2. DSTU HD 60364-8-2:2022 Nyzkovoltni elektroustanovky. Chastyna 8-2. Nyzkovoltni elektroustanovky Prosumer (HD 60364-8-2:2018, IDT; IEC 60364-8-2:2018, IDT), zatverdzhenyi Nakazom DP «UkrNDNTs» vid 28.12.2022 № 285 Pro paketne pryiniattia yevropeyskykh normatyvnykh dokumentiv CEN/CENELEC.

3. Lazurenko O.P., Lysychkina D.S., Cherkashyna H.I. «Novyi pidkhid do klasyfikatsii spozhyvachiv elektrychnoi enerhii», Svitlotekhnika ta elektroenerhetyka. №. 1, 2008. S. 76–80.

4. Nechaieva T.P., Cherkashyn M.S. Onovlennia klasyfikatsii spozhyvachiv elektrychnoi enerhii. Enerhetychnyi menedzhment: stan ta perspektvyvy rozvytku. Zbirnyk naukovykh prats X Mizhnarodnoi nauково-tekhnichnoi konferentsii u misti Kyievi 26-27 lystopada 2024 r. Kyiv : KPI im. Ihoria Sikorskoho, 2024. 216 s. S. 252 – 253.

5. Tovarystvo z obmezhenoiu vidpovidalnistiu «Ukrainska enerhetychna birzha» (kod YeDRPOU 37027819). URL:

- https://www.ueex.com.ua/files/ueex_regulations_of_electronic_specialized_auctions_electricity.pdf?1741772917 (data zvernennia 31.03.2025);
6. The System Advisor Model™ (SAM™). URL: <https://sam.nrel.gov/> (data zvernennia 25.03.2025);
7. Postanova NKREKP № 465 vid 25.03.2025 r. Pro vstanovlennia «zelenykh» taryfiv na elektrychnu enerhiu, vyroblenu heneruiuchymy ustanovkamy pryvatnykh domohospodarstv URL: <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu-generuyuchimi-ustanovkami-privatnih-domogospodarstv-12> (data zvernennia 31.03.2025);
8. Postanova NKREKP № 464 vid 25.03.2025 r. Pro vstanovlennia «zelenykh» taryfiv na elektrychnu enerhiu, vyroblenu heneruiuchymy ustanovkamy spozhyvachiv, u tomu chysli enerhetychnykh kooperatyviv, vstanovlena potuzhnist yakych ne perevyschuie 150 kVt <https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-vstanovlennya-zelenih-tarifiv-na-elektrichnu-energiyu-viroblenu-generuyuchimi-ustanovkami-spozhyvachiv-u-tomu-chisli-energetichnih-kooperativiv-vstanovlena-potuzhnist-yakih-ne-perevish-12> (data zvernennia 31.03.2025);
9. Poriadok prodazhu ta obliku elektrychnoi enerhii, vyroblenoi aktyvnymy spozhyvachamy, ta rozrakhunkiv za nei, zatverdzh. Postanovoiu NKREKP № 2651 vid 29.12.2023 r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v2651874-23#n9> (data zvernennia 31.03.2025);
10. Postanova KМУ № 632 vid 31.05.2024 r. Pro vnesennia zmin do postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 5 chervnia 2019 r. № 483. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/632-2024-%D0%BF#Text> (data zvernennia 20.03.2025);
11. Rezultaty torhiv RDN 11.06.2024 r URL: https://www.oree.com.ua/index.php/control/results_mo/DAM (data zvernennia 25.03.2025);
12. Tsina na universalni posluhy TOV «Kyivski enerhetychni posluhy» dlia malykh nepobutovykh spozhyvachiv, shcho pryiednani do merezh PRAT “DTEK KYIVSKI ELEKTROMEREZH” na cherven 2024 roku URL: YaSNO_MNS (data zvernennia 25.03.2025).

Надійшла до редакції 31.03.2025р.