



KAPITEL 3 / CHAPTER 3³

LOCAL ENERGY COMMUNITIES AS A FACTOR INCREASING THE SUSTAINABILITY OF THE UES OF UKRAINE

DOI: 10.30890/2709-2313.2024-35-00-034

Вступ.

Розвиток світової електроенергетики на початку XXI ст. суттєво пришвидшився. Навіть ті концепції, які були запропоновані на зламі століть, сьогодні набувають суттєвих змін [1–4]. Ці зміни характеризуються як еволюційною трансформацією, так і революційними перетвореннями. Так, концепція 3D (Декарбонізація, Децентралізація, Діджиталізація (Цифровізація) доповнюється іншими «D» (наприклад, Дерегуляція, Демократизація, Депопуляція, «Decreased use of energy» – зменшення енергоспоживання) [2, 4]. На сьогодні вже виділяється три покоління реалізації концепції Smart Grid [3]:

- Smart Grid 1.0 – стан електроенергетичної інфраструктури, при якому окремі пристрої та об'єкти системи можуть підключатися до мережі без використання єдиних цифрових стандартів;
- Smart Grid 2.0 – стан електроенергетичної інфраструктури, при якому підключення будь-яких вузлів системи можливо тільки за умови переходу на єдиний IP-протокол та включення в єдину інтегровану IP-мережу;
- Smart Grid 3.0 – гнучка електроенергетична система, яка базується на принципах децентралізованого, зокрема, мультиагентного, керування та рівноправності споживача і постачальника.

Власне концепція Smart Grid 3.0 вже розглядається окремими дослідниками як концепція Neural Grid чи визначається базовою при наданні нової якості електроенергетиці – її цифровій трансформації [1–4]. У сучасних концепціях складові електроенергетичних систем набувають «нових якостей», зокрема, суттєво розширюються їх функціональні можливості, що приводить до зміни відповідних бізнес-процесів.

³Authors: Denysiuk Serhii, Bielokha Halyna, Ushchapovsky Kostyantyn

Number of characters: 51796

Author's sheets: 1,29



У даному розділі монографії покажемо як зміна складу та функцій джерел розподіленої генерації (ДРГ), зокрема, які містять відновлювані джерела енергії (ВДЕ), за рахунок врахування систем накопичення енергії та механізмів керування попитом у споживачів – формування системи розподілених енергетичних ресурсів (РЕР). Це змінює механізми взаємодії на рівні локальних систем енергозабезпечення. Розглянуто, що у випадку застосування ДРГ почали широко формуватися енергетичні кооперативи, тоді як врахування наявності в електроенергетичній системі РЕР призвело до побудови багатофункціональних локальних енергетичних спільнот.

Необхідність широкого впровадження розосереджених джерел енергії обумовлена суттєвими змінами в потужностях ОЕС України, що пов'язані з руйнуванням електроенергетичної інфраструктури через військові дії. Збільшення частки відновлюваних джерел енергії в загальному енергетичному балансі ОЕС України потребує використання нових підходів до організації мережі, впровадженню розумних мереж, локальних енергетичних спільнот для підвищення енергонезалежності, стійкості та надійності електропостачання.

3.1. Розподілена генерація електроенергії

3.1.1 Джерела розподіленої генерації

Джерела розподіленої генерації (англ. *Distributed Energy Resources*) це невелика одиниця виробництва електроенергії, яка працює локально та підключена до більшої електромережі на рівні розподілу. ДРГ містять як технології виробництва енергії, так і системи зберігання енергії. Коли виробництво енергії відбувається за допомогою розподілених енергетичних ресурсів, це називається розподіленим виробництвом.

ДРГ часто стосуються менших генеруючих одиниць, які розташовані на стороні лічильника споживача. Важливою відмінністю ДРГ є те, що енергія, яку він виробляє, часто споживається поблизу джерела.



Приклади розподілених джерел енергії, які можна встановити, включають: сонячні фотоелектричні установки на даху; вітрогенераторні установки; акумуляторна батарея; батареї в електричних транспортних засобах, які використовуються для повернення електроенергії в мережу; блоки комбінованого виробництва тепла та електроенергії або тригенераційні блоки, які також використовують відхідне тепло для забезпечення охолодження; генератори біомаси, паливом яких є відпрацьований газ або промислові та сільськогосподарські побічні продукти; газові турбіни відкритого та закритого циклу; поршневі двигуни (дизельні, бензинні); схеми гідро- та міні-ГЕС; паливні елементи. Багато з цих технологій не знаходяться виключно «за лічильником» («behind the meter»).

Хоча системи ДРГ використовують різноманітні джерела енергії, вони здебільшого пов'язані з технологіями відновлюваної енергії, такими як сонячні панелі на даху та малі вітряні турбіни.

Використання ДРГ має кілька переваг:

- розподілені енергетичні ресурси, які виробляють електроенергію за допомогою ВДЕ, часто не створюють викидів, що сприяє декарбонізації, тоді як ДРГ, що працюють на природному газі, виробляють менші викиди, ніж інші системи, що працюють на викопному паливі.

- ДРГ також підвищує стійкість енергосистеми, ДРГ доповнити центральну електромережу під час різкого зростання попиту на електроенергію та служити джерелом резервного живлення, коли екстремальні погодні явища завдають шкоди інфраструктурі комунальних підприємств.

Розподілене виробництво енергії (англ. *Distributed power generation*) – концепція будівництва джерел енергії та розподільних мереж, яка має на увазі наявність великої кількості користувачів, які виробляють теплову і електричну енергію для власних потреб, а також спрямовують надлишки в загальну мережу (електричну або теплову).

При використанні ВДЕ переривчастий характер деяких ресурсів створює потребу у використанні кількох відновлюваних ресурсів, а також засобів для їх



з'єднання, керування та зберігання електроенергії. Накопичувачі енергії, такі як батареї та маховики, потрібні для такого обладнання, як вітряні та інші типи турбін, сонячні батареї та установки приливної генерації. Щоб отримати максимальну віддачу від виробленої енергії, цими джерелами живлення та накопичувачами необхідно чітко керувати за допомогою пристроїв силової електроніки. ДРГ можуть використовуватися постачальниками комунальних послуг, підприємствами та окремими особами для виробництва та зберігання відновлюваної енергії або для резервних джерел живлення. Ці технології є фундаментальними вимогами для більш просунутих електромереж, таких як Smart Grids.

3.1.2 Розподілені енергетичні ресурси

Підключені до загальних мереж локальні джерела енергії в поєднанні з засобами накопичення, зберігання та перетворення енергії визначаються як **розподілені енергетичні ресурси (PER)** (англ. *Distributed Energy Resources*).

В якості PER можуть виступати сонячні батареї, вітрогенератори та інші відновлювані джерела енергії, газові та дизельні генератори, акумуляторні системи зберігання електроенергії, електричні транспортні засоби та керовані навантаження, такі як системи опалення, кондиціонування та електричні водонагрівачі. Ними також можуть слугувати системи водопостачання, що мають накопичувальні ємності. PER розгортаються у безпосередній близькості до кінцевого споживача по його бік від лічильника та повинні мати цифровий інтерфейс для обміну даними. Вони можуть використовуватися індивідуально для оптимізації енергоспоживання окремого об'єкту або у сукупності (через агрегатори) в межах мереж розподілу електроенергії. Говорячи про PER, у більшості випадків мають на увазі розподілену генерацію електроенергії (сонячні, вітрові, когенераційні та інші установки) засоби накопичення (акумулятори, теплові накопичувачі) та засоби керування попитом (англ. *demand response*).

У результаті дослідження в роботі [5] сформульовано збірне визначення для



розподілених енергетичних ресурсів:

Розподілені енергетичні ресурси – це електроустановки, приєднані до системи розподілу, що мають технічну можливість здійснювати виробництво та/або накопичення електричної енергії з метою її відпуску в мережу та/або надавати послуги з керування попитом.

З огляду на специфіку українського законодавчого та регуляторного поля автори вважають за доцільне перейти від терміну «розподілені енергетичні ресурси» до терміну «розподілені енергетичні технології» [5]. Це пов'язано зі складністю імплементації терміну «розподілені енергетичні ресурси» в українське законодавство через наявність у ньому дефініції «енергетичні ресурси», що має інше трактування.

Водночас термін «розподілені енергетичні технології» (англ. *Distributed Energy Technologies*) впливає зі змісту Директиви ЄС 2019/9443 [6, 7], що визначає розподілені енергетичні ресурси як сукупність технологій: генерація, накопичення (англ. *storage*) та управління попитом (англ. *demand response*). Для імплементації в українських умовах доцільно і практично використовувати термін «розподілені енергетичні технології».

Можемо рекомендувати таке визначення [5]:

Розподілені енергетичні технології – це технології, що уможливають взаємодію з приєднаними до системи розподілу електроустановками (або реалізація яких входить до складу таких електроустановок) та надають технічну можливість здійснювати виробництво та/або накопичення електричної енергії з метою її відпуску в мережу та/або надавати послуги з управління попитом.

3.2. Енергетичні кооперативи

Енергетичні кооперативи найбільшого поширення вони набули в США. Там кооперативи працюють в іншому форматі – переважно вони володіють електромережами та постачають енергію споживачам [8]. У 1930-х роках



електрикою вже активно користувалися в містах, але не в селах: компаніям було не вигідно прокладати мережі у малозаселених регіонах країни.

Енергетичні кооперативи почали активно з'являтися після прийняття закону про електрифікацію сільських районів 1936 року. Він дозволив отримувати федеральні кредити для побудови електромереж і таке фінансування надходило саме в кооперативи, створені місцевими жителями. Більшість цих організації працює і сьогодні. Згідно [8] кооперативи володіють 42% електромереж в США та обслуговують 12% населення. Водночас, вони також виробляють 5% електроенергії в країні та поступово збільшують частку ВДЕ. Якщо у 2010 сонячні електростанції в кооперативах мали встановлену потужність лише 35 МВт, вже у 2018 – 916 МВт.

Необхідно враховувати, що в нашій країні за передачу, розподіл й обслуговування мереж відповідає НЕК «Укренерго» та регіональні оператори системи розподілу (компанії, сформовані на базі колишніх обленерго) і ця сфера вважається природною монополією.

Найбільшого на сьогодні поширення в Європі енергетичні кооперативи набули в Німеччині [9]. Активний розвиток проєктів з ВДЕ стимулював «зелений тариф», запроваджений у 2000 році, а у наступні кілька років були також спрощені організаційні вимоги до кооперативів. Число нових об'єднань досягло свого піку у 2011 році. Після скасування фіксованого тарифу в 2012 ця тенденція пішла на спад.

Енергетичні кооперативи – це об'єднання громадян, підприємств та організацій, метою яких виступає, як правило, реалізація різноманітних локальних проєктів у сфері відновлювальної енергетики [9–11]. Енергетичні кооперативи здійснюють свою діяльність, в таких сферах:

- виробництво енергії (сонячна енергія, вітрова енергія, біогаз, комбіноване виробництво тепла та електроенергії);
- продаж альтернативної енергії (електроенергії, теплоенергії, газу);
- купівля й експлуатація енергомереж;
- послуги, спрямовані на ефективне використання енергії (надання



консультацій, енергозберігаюча санація будівель, реалізація різноманітних проектів з енергоефективності) тощо [9].

Найбільш активно енергетичні кооперативи розвиваються на території земель Баварія, Баден-Вюртемберг і Нижня Саксонія. Найвища щільність енергетичних кооперативів характерна для регіонів Шлезвіг-Гольштейн, Бремен та Мекленбург-Передня Померанія. Виділяють чотири види енергетичних кооперативів [9–11]:

- споживачів енергії (спеціалізуються на закупівлі та розподілі електроенергії та газу);
- з виробництва енергії (виробляють екологічно чисту енергію, одержану від вітру, сонця, біопалива);
- з виробництва та споживання енергії (здійснюють комплексне вирішення енергетичної проблеми для своїх членів);
- енергетично-сервісні (поєднують виробництво та споживання енергії з іншими, зокрема, консалтинговими послугами).

За українським законодавством, енергетичний кооператив – це юридична особа, заснована для виробництва, заготівлі або транспортування паливно-енергетичних ресурсів та надання інших послуг для задоволення потреб його членів або територіальної громади, а також для отримання прибутку [12].

Згідно Закону України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2019, № 23, ст.89) енергетичний кооператив – юридична особа, заснована відповідно до Закону України «Про кооперацію» або Закону України «Про споживчу кооперацію» для здійснення господарської діяльності з виробництва, заготівлі або транспортування паливно-енергетичних ресурсів, а також для надання інших послуг з метою задоволення потреб його членів або територіальної громади, а також з метою отримання прибутку, відповідно до вимог законодавства. Тобто кооператив – це автономне об'єднання осіб, які добровільно співпрацюють заради взаємної соціальної та економічної вигоди. Кооперативи включають



громадські організації, підприємства та фізичні особи, які користуються його послугами та товарами.

3.3. Енергетичні спільноти

Термін «Локальні енергетичні спільноти» (англ. *Local Energy Communities, LEC*) спочатку був введений у перших редакціях Європейської Директиви про внутрішній ринок електроенергії (англ. *European Directive on Internal Electricity Market, IEM*). У наступних редакціях і затвердженій версії Директиви цей термін було замінено на Енергетична спільнота громадян (англ. *Citizens Energy Community, CEC*) із переглянутим описом.

Енергетичний пакет ЄС «Чиста енергія для всіх європейців» визначає два позначення для різних типів енергетичних спільнот: громадські енергетичні спільноти та спільноти відновлюваної енергії [13–15]. Він визначає, що це є юридичні особи, які беруть участь (серед іншого) у виробництві, розподілі та використанні електроенергії та мають на меті забезпечити місцеву громаду екологічними, економічними та соціальними вигодами.

Розглянемо виділення локальних енергетичних спільнот у двох Директивах Четвертого Енергетичного Пакету:

– Directive (EU) 2018/2001 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the Promotion of the Use of Energy from Renewable Sources (Директива (ЄС) 2018.2001 Європейського Парламенту та Ради від 11 грудня 2018 року стосовно просування використання енергії з ВДЕ) («Директива про ВДЕ»);

– Directive (EU) 2019/944 of the European Parliament and of the Council of 5 June 2019 on Common Rules for the Internal Market for Electricity (Директива (ЄС) 2019/944 Європейського Парламенту та Ради від 5 червня 2019 року стосовно спільних правил внутрішнього ринку електроенергії) («Директива про правила ринку»).



Ці документи описують енергетичні спільноти як нові типи некомерційних організацій, які, незважаючи на те, що вони займаються економічною діяльністю, їх основною метою є надання екологічних, економічних або соціальних переваг спільноті, а не пріоритет отримання прибутку.

Директива (ЄС) 2019/944 про загальні правила для внутрішнього ринку електроенергії, преамбула, технології розподіленої енергії (англ. *Distributed energy technologies*) та розширення прав і можливостей споживачів зробили комунальну енергетику ефективним і рентабельним способом задоволення потреб і очікувань громадян щодо джерел енергії, послуг та місцевої участі. Енергетика спільноти (англ. *Community energy*) пропонує всім споживачам безпосередню участь у виробництві, споживанні або спільному використанні енергії. Енергетичні ініціативи спільнот зосереджені насамперед на забезпеченні доступною енергією певного виду, наприклад відновлюваної енергії, для своїх членів або акціонерів, а не на пріоритеті отримання прибутку, як у традиційних електроенергетичних підприємствах.

Завдяки безпосередньому контакту зі споживачами громадські енергетичні ініціативи демонструють свій потенціал для сприяння впровадження нових технологій і моделей споживання, включаючи розумні розподільчі мережі та реагування на попит, інтегрованим способом. Громадська енергетика може підвищити енергоефективність на рівні домогосподарств і допомогти боротися з енергетичною бідністю за рахунок зменшення споживання та нижчих тарифів на постачання та дозволяє певним групам домашніх споживачів брати участь у ринках електроенергії, які інакше не змогли б цього зробити.

Там, де вони були успішно реалізовані, такі ініціативи принесли громаді економічні, соціальні та екологічні вигоди, які виходять за рамки простих вигод, отриманих від надання енергетичних послуг. Ця Директива спрямована на визнання певних категорій громадських енергетичних ініціатив на рівні Союзу як «енергетичних спільнот громадян», щоб забезпечити їм сприятливу структуру, справедливе ставлення, рівні умови гри та чітко визначений перелік прав і обов'язків. Побутовим споживачам слід дозволити добровільно брати участь у



громадських енергетичних ініціативах, а також залишати їх, не втрачаючи доступу до мережі, якою керує громадська енергетична ініціатива, і не втрачаючи своїх прав як споживачів. Доступ до мережі громадського енергетичного співтовариства має надаватися на справедливих умовах, що відображають витрати.

Енергетичні спільноти громадян повинні бути з одного боку відкритими для будь-якого членства, а з іншого боку – повинні містити важливі обмеження стосовно прийняття рішень. В Директиві зазначено, що права та обов'язки енергетичних спільнот громадян виводять з уже існуючих прав та зобов'язань, таких як свобода контракту, право змінювати постачальника, обов'язки оператора системи розподілу, правила оплати за мережеві послуги та зобов'язання по балансуванню.

Енергетичні спільноти громадян мають право ставати операторами систем розподілу, як закритих, так і відкритих, набуваючи всіх зобов'язань, що їх мають оператори систем розподілу.

Як вказувалось вище, існує два терміни для визначення локальних енергетичних спільнот: «енергетичні спільноти громадян» (англ. *Citizen Energy Communities*) та «спільноти відновлюваної енергетики» (англ. *Local Renewable Energy Communities*).

Стаття 2(11) Директиви про електроенергетику визначає «Енергетичну спільноту громадян» юридичною особою, яка

а) заснована на добровільній та відкритій участі та ефективно контролюється членами або акціонерами, які є фізичними особами, місцевими органами влади (включно з муніципалітетами) або малими підприємствами;

б) основною метою якої є надання екологічних, економічних чи соціальних суспільних благ своїм членам, акціонерам чи місцевим громадам, де вона здійснює свою діяльність, а не отримання фінансового прибутку;

с) може займатися виробництвом, у тому числі з ВДЕ, розподілом, постачанням, споживанням, агрегацією, зберіганням енергії, наданням послуг з енергоефективності або послуг із заряджання електромобілів, або надавати інші



енергетичні послуги своїм членам чи акціонерам.

У статті 2(16) Директиви про відновлювану енергетику «Спільнотою відновлюваної енергетики» визначається юридична особа,

а) котра, відповідно до чинного національного законодавства, заснована на відкритій та добровільній участі, є автономною та ефективно контролюється акціонерами або членами, які розташовані поблизу об'єктів з відновлюваної енергетики, що реалізовані та перебувають у власності юридичної особи;

б) акціонерами або учасниками якої є фізичні особи, малі та середні підприємства або місцеві органи влади, включно з муніципалітетами;

с) основною метою якої є забезпечення екологічних, економічних або соціальних суспільних благ для її акціонерів, членів чи для місцевої громади, в якій вона працює, а не отримання фінансових прибутків.

Членство в спільноті відновлюваних джерел енергії пропонує низку переваг, зокрема:

– екологічні (заохочуючи виробництво відновлюваної енергії на місцевому рівні, енергетичні спільноти можуть зменшити викиди CO₂);

– економічні (учасники можуть отримати стимули для створення енергетичних співтовариств; вигоди розподіляються пропорційно на основі виробленої енергії (члени-виробники) та спільної енергії (члени-споживачі); усі члени локальної енергетичної спільноти беруть участь у загальних економічних вигодах);

– зниження втрат в електромережі (виробляючи та розподіляючи енергію, вироблену на місцевому рівні, енергетичне співтовариство може зменшити втрати енергії в мережу, які виникають, коли енергія доводиться долати великі відстані);

– соціальні (кожен член спільноти може бути частиною енергетичного співтовариства, навіть споживачі, які не мають засобів для створення системи відновлюваної електроенергії самостійно; отримує переваги від участі в ній; членство в енергетичному співтоваристві допомагає сталому розвитку міст, збереженню енергії та її ефективному використанню).



Самоорганізованим місцевим групам громадян дозволяється забезпечувати свої власні енергетичні потреби в рамках місцевих проєктів. Йдеться не лише про споживання електроенергії з ВДЕ, але й про оперування локальними мережами або надання послуг з енергоефективності місцевій громаді. Країни-члени мають забезпечити добровільну та відкриту участь громадян у таких спільнотах. Важливим є також положення про забезпечення недискримінаційних та справедливих умов участі таких спільнот у ринку електроенергії.

Держави-члени можуть надати енергетичним спільнотам громадян також, згідно зі статтею 16 Директиви про правила внутрішнього ринку, право засновувати, купувати або брати в лізинг розподільчі мережі та автономно керувати ними (із застереженнями, викладеними окремо), права на участь в різних ринках електроенергії.

Окремо також визначаються права енергетичних спільнот громадян у випадку, якщо держави їм надають право володіти, винаймати або купувати місцеві розподільчі мережі. У цьому випадку спільноти мають право: підписувати угоди із зовнішніми розподільчими мережами, до яких приєднані їхні мережі; окремо обліковувати електроенергію, отриману із зовнішньої розподільчої мережі та відпущеної в неї; не повинні дискримінувати або шкодити споживачам, що залишаються приєднаними до розподільчої мережі.

Інструмент енергетичних спільнот громадян значною мірою за своїми функціями подібний до ВДЕ-спільнот, описаних вище, з тією різницею, що енергетичні спільноти громадян мають більше прав у плані управління власними мережами. Такий інструмент може бути корисний для тих випадків, коли громади хочуть зробити свою мережу комунальною – процес, що відомий в Північній Європі як ре-муніципалізація (re-municipalisation).

Специфічні характеристики локальних спільнот з відновлюваної енергетики щодо розміру, структури власності та кількості проєктів можуть перешкоджати їх конкуренції на рівних з великими гравцями, а саме конкурентами з більшими проєктами чи портфелями. Таким чином, держави-члени повинні мати можливість обирати будь-яку форму організації для співтовариств з



відновлюваної енергії, за умови, що така організація може, діючи від свого імені, здійснювати права та нести зобов'язання.

Заходи для компенсації недоліків, пов'язаних із специфічними характеристиками місцевих спільнот з відновлюваної енергетики щодо розміру, структури власності та кількості проектів, включають надання можливості спільнотам з відновлюваної енергетики працювати в енергетичній системі та полегшення їх інтеграції на ринок.

Для досягнення більшої гнучкості енергосистем однією з головних ролей споживача є **участь в управлінні попитом**. Директива щодо правил ринку Четвертого Енергопакету визначає керування попитом як зміну електричного навантаження кінцевим споживачем відносно їхніх звичайних або поточних патернів споживання, що відбувається у відповідь на ринкові сигнали (включаючи динамічні ціни на електроенергію або заохочувальні платежі), або у відповідь на прийняття заявки кінцевого споживача на продаж зменшення споживання, або збільшення ціни на організованому ринку.

Така відповідь може бути реалізована самостійно споживачем або через агрегатора. Агрегатор – фізична чи юридична особа, що комбінує множинні споживацькі навантаження або згенеровану електроенергію для продажу, купівлі або участі в аукціоні на будь-якому енергетичному ринку. Оскільки така діяльність для споживачів є більш ефективною за посередництва професійного учасника ринку, що представляє їхні інтереси – агрегатора, то у Директиві з правил внутрішнього виділена стаття 17 – «Управління попитом через агрегацію». Держави-члени ЄС дозволятимуть та сприятимуть участі в управлінні попитом через агрегування. При цьому держави повинні забезпечити можливість для участі агрегаторів з управління попитом в усіх ринках електроенергії без дискримінації нарівні з виробниками електроенергії. На рівні країн має бути забезпечено:

- право споживачів на участь в агрегації (в тому числі через незалежного агрегатора) без отримання згоди від інших учасників ринку;
- недискримінаційні правила стосовно ролей та відповідальностей;



- зобов'язання учасників ринку, задіяних у агрегуванні, бути фінансово відповідальні за створені ними небаланси;
- відсутність обмежень та неналежних стягнень з боку постачальників стосовно споживачів, що мають контракти з незалежними агрегаторами;
- механізм вирішення конфліктів між учасниками ринку, задіяними в агрегації (в тому числі стосовно небалансів).

Також розглянуто питання захисту прав самоспоживачів – тих фізичних та юридичних осіб, що володіють власними засобами генерації електроенергії.

Відповідно до визначення самоспоживачів, йдеться перш за все про споживачів енергії з ВДЕ: «самоспоживач ВДЕ» – кінцевий споживач, що працює в рамках свого місця розташування, розташованого у обмежених кордонах (або, якщо це дозволено країною-членом – в рамках інших місць розташування), що генерує електроенергію для власного споживання і хто може накопичувати або продавати самозгенеровану електроенергію з ВДЕ (при умові, що самоспоживачі не є домогосподарствами та ця діяльність не належить до їх головної комерційної чи професійної діяльності).

Локальні енергетичні спільноти або енергетичні проекти на основі громад демонструють очевидні переваги в усьому світі у впровадженні технологій ВДЕ, підвищенні ефективності, підтримці надійного електропостачання, зниженні рахунків і створенні робочих місць на місцевому рівні [16]. У той же час ці ініціативи привертають до себе все більшу увагу як ефективні засоби досягнення більш інклюзивних, справедливих і стійких енергетичних систем.

Цифрові платформи та інструменти полегшують створення кооперативів, залучення зацікавлених сторін, здійснення інвестицій та обмін електроенергією

Необхідно відзначити підвищення енергоефективності та переваг громади через місцеве виробництво та спільне використання. Зважаючи на постійно зростаючий тиск щодо прискорення декарбонізації та зменшення впливу енергетичної кризи на домогосподарства та підприємства, енергетичні спільноти на основі громад можуть допомогти вирішити численні проблеми, з якими стикаються енергосистеми, включаючи втрати, перевантаження мережі та



потребу пристосуватися до зростаючого пікового попиту. Нещодавно Міжнародне енергетичне агентство підрахувало, що одна гігатонна викидів вуглекислого газу походить від втрат у мережі, що дорівнює майже 3% поточних глобальних викидів CO₂, пов'язаних з енергетикою. Виробництво, спільне використання та споживання електроенергії на основі місцевих громад може значно уникнути цих втрат і підвищити енергоефективність.

Цифрові інструменти збільшують потенціал енергетичних спільнот. Надання клієнтам доступу до даних про виробництво та споживання енергії має вирішальне значення для успіху енергетичних спільнот, підвищення обізнаності про вплив індивідуальної поведінки та підкреслення економічних переваг бути частиною спільноти. Програмне забезпечення на основі машинного навчання також широко використовується для оптимізації енергоефективності та економії фінансів.

Термін «локальні енергетичні спільноти» також використовується та визначається різними способами [17]. Деякі визначення такі ж широкі, як описані вище ЄС, тоді як інші встановлюють більш конкретні межі. Це може бути пов'язано з обмеженням географічного масштабу, вимогою до виробництва та зберігання електроенергії, встановленням норм внутрішнього контролю або встановленням умови, що енергетичне співтовариство може розглядатися енергетичною компанією як єдина точка підключення.

Важливою мотивацією для всіх спільнот є захист клімату та навколишнього середовища шляхом виробництва та споживання більше відновлюваної енергії.

Щоб краще зрозуміти, що таке локальна енергетична спільнота, дослідницький проект FINE вивчив і порівняв різні локальні енергетичні співтовариства в Європі. Результати цього дослідження показали, що існує багато варіацій у тому, як структуровані локальні енергетичні спільноти, у мотиваціях, які лежать в основі їх створення, і в технологіях, які використовуються. На всі ці фактори також впливають причини, з яких ці громади називають себе енергетичними спільнотами.

Структура локальних енергетичних спільнот у Європі варіюється від



невеликих місцевих громад і районів, які виробляють власну відновлювану енергію на місцевому рівні, до більших проектів, де зовнішні гравці, такі як енергетичні компанії або підрядники, створюють локальну енергетичну спільноту, щоб заощадити гроші на пропонованих послугах.

Енергетичні спільноти також мають економічні та соціальні наслідки. Дослідження місцевих енергетичних спільнот показують, що громади, які самі беруть участь у створенні проектів з відновлюваної енергетики, швидше за все, позитивно ставляться як до вітрової, так і до сонячної генерації у своїй місцевості. ЄС також наголошує на демократизації та зростання споживчих ініціатив у своїх заявах про важливість локальних енергетичних спільнот. Необхідно враховувати, що ці спільноти також можуть створити навантаження на мережу, якщо вони будуть максимізувати свої прибутки або рівень самозабезпечення, ігноруючи потреби енергетичної системи. Для використання потенціалу таких енергетичних спільнот, забезпечуючи при цьому безпечну та чесну роботу, потрібна конструктивна взаємодія між ними та мережевими компаніями.

Енергетичні спільноти уможливають колективні та керовані громадянами енергетичні дії для підтримки переходу на чисту енергію [18]. Вони можуть сприяти підвищенню сприйняття громадськістю проектів відновлюваної енергетики та полегшити залучення приватних інвестицій у перехід на чисту енергію. Енергетичні спільноти можуть бути ефективним засобом реструктуризації наших енергетичних систем, надаючи громадянам можливість здійснювати енергетичний перехід на місцевому рівні та отримувати пряму вигоду від енергоефективності, нижчих рахунків, зменшення енергетичної бідності.

Визнаючи потенційний внесок енергетичних співтовариств у створення більш безпечної, доступної та чистішої енергетичної системи для Європи, план REPowerEU висуває спільну політичну мету створення 1 енергетичної спільноти на муніципалітет із населенням понад 10000. Згідно з останніми дослідженнями, на даний момент в Європі діє майже 4000 енергетичних спільнот.



Планується, що механізм європейських енергетичних співтовариств **European Energy Communities Facility** (Reference: LIFE23-CET-ENERCOM-FACILITY/101167230 | Acronym: LIFE23-CET-ENERCOM FACILITY) виділить щонайменше 7 млн. євро для надання прямої підтримки енергетичним співтовариствам, що виникають по всій Європі, переважно у формі одноразових грантів. Завдяки ENERCOM Facility щонайменше 140 нових ініціатив розроблятимуть та впроваджуватимуть бізнес-плани для залучення інвестицій у сталу енергетику. ENERCOM Facility використовуватиме успіх і спадщину Repository Energy Communities, Rural Energy Community Advisory Hub та European City Facility.

3.4. Перспективні напрямки реалізації локальних енергетичних спільнот

Міжнародне енергетичне агентство нещодавно підкреслило потенціал локальних енергетичних спільнот як «центральної опори переходу на чисту енергію» та визнало їхні «явні переваги» у «розгортанні відновлюваних джерел енергії та ефективності, зниженні рахунків, підтримці доступу та надійного електропостачання. постачання» [19]. Основна увага приділяється «місцевим інтегрованим енергетичним системам», енергетичним спільнотам, які покладаються на численні енергетичні вектори та прагнуть оптимізувати їх синергію. Завдяки підтримці набору інструментів «прогнозування», які передбачають такі параметри, як попит на енергію або сонячне випромінювання для фотоелектричних панелей, інструментарій розрахує погодинні профілі роботи для когенераційних установок, теплових насосів, абсорбційних холодильних установок та будь-яких інших доступних технологій для задовольняти попит користувачів спільноти.

Однак управління енергетичним співтовариством не буде жорстким, оскільки інші інструменти узгоджуватимуть його з конкретними потребами кожного споживача. Якщо споживач знає, що заряджатимете свій електромобіль



або підключатимете дуже енергоспоживаючі пристрої, інструментарій оптимізує технології в режимі реального часу та адаптуватиме ваш особистий шаблон, щоб зменшити ваше споживання або вуглецевий слід. Вирішальний для забезпечення гнучкого управління інтегрованим місцевим енергетичним співтовариством, цей «багатоцільовий підхід» дозволяє досягти найкращого можливого поєднання енергії та технологій. Він, наприклад, відстежуватиме різні ціни на енергію в режимі реального часу, а потім перемикатиметься з одного вектора на інший відповідно до мети, яку ви поставили. Або, якщо ви виробляєте більше відновлюваних джерел енергії, ніж споживаєте, він може перетворити їх на водень і зберегти для подальшого використання у вашому гібридному автомобілі.

Енергетичні спільноти / енергетичне співтовариство – це юридична особа, яка надає «громадянам, малим підприємствам і місцевим органам влади можливість виробляти, управляти та споживати власну енергію». Можлива ситуація, коли, передаючи «право власності» на активи, які виробляють енергію, енергетичному співтовариству, яке складається, серед іншого, з виробників енергії, споживачів (приватні громадяни, підприємства, органи державного управління) і розподільників, ці спільноти можуть допомогти своїм членам отримати доступ до низьких вартістей відновлюваної енергії, а також доступ до інформації про те, як підвищити енергоефективність будівель своїх членів (наприклад, житлових і офісних), дозволяючи їм краще контролювати свої рахунки за електроенергію, зберігаючи інвестиції доступними. Окрім забезпечення спільного виробництва енергії, такі спільноти також прагнуть підвищити гнучкість мережі за допомогою розподіленого реагування на попит та послуг зберігання, які надають самі громади.

Необхідно відзначити, що як місцеві енергетичні спільноти, так і мікромережі (Microgrid) підтримують перехід до децентралізованої стійкої енергетичної системи [20].

Ці два поняття не слід плутати загалом, оскільки вони мають чіткі відмінності, особливо щодо їх ресурсу власність та операційні цілі. Однак ці відмінності не помітні у випадку мікромереж спільноти, що включає групи



споживачів або споживачів, які володіють і керують ДРГ, включаючи значну кількість розподільчих активів. Загалом технічно досягнення в мікромережах можуть істотно полегшити розвиток і функціонування місцевих енергетичних спільнот.

Локальні енергетичні спільноти та локальні енергетичні ринки – це ефективний спосіб розширення можливостей громадян стати активними учасниками переходу до сталої енергетичної системи, щоб стати споживачами, здатними формувати свої профілі споживання енергії та виробляти енергію на місцевому рівні.

Спільноти можуть відігравати багато ролей на ринку електроенергії. Вони можуть служити виробниками та роздрібними продавцями відновлюваної енергії, включаючи спільне узгодження між виробництвом і споживанням (колективне самоспоживання), і вони можуть розподіляти енергію через громадські мережі, граючи роль місцевих операторів системи розподілу. На оптовому ринку та з боку роботи розподільчої мережі енергетичні спільноти забезпечують агрегацію та координацію ДРГ, діючи, по суті, як брокери для їхньої прямої участі в енергетичному ринку. Як постачальники енергії, вони можуть уможливити роботу місцевих пулів бірж електроенергії через функціонування локальних або децентралізованих ринків електроенергії. Звичайно, операційні цілі можуть відрізнятися, і цей факт диктує необхідність досліджувати вплив різних бізнес-моделей на економіку системи та доходи споживачів.

Як приклад, можливі дві моделі для агрегації ДРГ в локальних електроенергетичних спільнотах:

1) управління ДРГ через агрегатор, який повністю контролює ДРГ; агрегатор вирішує та видає встановлені значення для ДРГ, які оплачуються за схемою «оплата як ставка».

2) управління ДРГ через агрегатор, який видає цінові сигнали ДРГ – учасникам для нарахування споживання та оплати виробництва; ґрунтуючись на цих цінах, ДРГ роблять ставки щодо своїх рівнів відправлення та отримують



винагороду за схемою оплати після очищення.

В обох моделях процес клірингу ринку виконується Оператором ринку, який вирішує проблему планування на добу наперед (англ. *day-ahead scheduling, DAS*). Гранична ціна системи – це ринкова клірингова ціна, тобто єдина ціна, за якою постачальники купують енергію, яку вони очікують поглинути із системи, і ціна, за якою виробники продають енергію, яку вони вводять у систему. Участь ДРГ на ринку призводить до зниження системних граничних цін порівняно з централізованими ринковими схемами, коли проникнення розподіленої генерації порівнюється з централізованим одиниць. У централізованих ринкових схемах передбачається, що ДРГ роблять пропозиції безпосередньо на оптовому ринку, що практично неможливо через їх велику кількість і малий розмір. На децентралізованих ринках покупці та продавці мають можливість торгувати товарами безпосередньо один з одним, не обов'язково закупаючи їх на центральному ринку.

В економічному сенсі децентралізовані ринкові структури можуть прийняти повністю децентралізовані однорангові (англ. *peer-to-peer, P2P*) ринкові моделі, де торгівля ведеться двосторонньо без центрального контролю та локальних енергетичних чи громадських ринків, де головною метою є колективний соціальний добробут спільноти, навіть за рахунок прибутків окремих учасників. Децентралізовані (P2P або локальні) ринки, хоча ще й не регулюються спеціально чи широко сприяють оператори систем розподілу, починають з'являтися як майбутній шлях розвитку. Функціонування ринків P2P приносить багато переваг членам енергетичного співтовариства, наприклад, зниження витрат для споживачів, збільшення прибутків для виробників і загальну значну економію енергетичних витрат спільноти.

Щодо забезпечення гнучкості через місцеві енергетичні спільноти. Енергетичні спільноти мають потенціал для прискорення енергетичного переходу та розширення можливостей споживачів, таким чином, сприяння спільним соціальним перетворенням. Локальні енергетичні спільноти можуть підтримувати енергомережу шляхом пропонуючи різноманітні послуги гнучкості



через реагування на попит, переміщення навантаження та зберігання енергії, однак існуючі ринки електроенергії, тарифи та регулювання часто перешкоджають ефективним та стійким рішенням [21].

Важливо проаналізувати проблеми гнучкості для локальних енергетичних громад у контексті існуючих і нових гнучких ринків електроенергії. Обговорюється необхідність соціальних механізмів, технічних проектів та їх вплив на енергетичні спільноти.

Громадяни все частіше стають «замовниками – споживачами» і зрештою об'єднують свої ресурси за допомогою цих енергетичних ініціатив, що дозволяє громаді брати участь у ринках електроенергії [22]. Бачення цих ініціатив полягає в тому, щоб дати споживачам Behind The Meter можливість визначати власний енергетичний баланс, одночасно знижуючи витрати та забезпечуючи гнучкість для підвищення загальної безпеки мережі. Тим не менш, мобілізація місцевих енергетичних співтовариств створює не лише технічні проблеми, а й вимагає нових соціальних, економічних та нормативних механізмів [23]. Щодо надання послуг гнучкості через енергетичні спільноти, необхідно відповісти на питання: як розробити умови гнучкості в енергетичних спільнотах; як зробити помітною діяльність енергетичних спільнот на ринках електроенергії; які соціальні та економічні бар'єри заважають цим енергетичним ініціативам?

Енергетичні спільноти сприяють місцевому сталому виробництву енергії, створюють нові можливості для бізнесу та формують новий вид постачальників енергії, взаємодіючи з локальними, регіональними та національними енергетичними системами, таким чином вносячи соціальні інновації в децентралізовану енергетичну систему, тобто відокремлену енергетичну систему, якою можна керувати самостійно [24]. Крім того, енергетичні спільноти заохочують участь кінцевих споживачів, які володіють різними енергетичними технологіями, щоб скористатися перевагами цих пристроїв для оптимізації своїх витрат на енергію, а також підтримують місцеве економічне зростання шляхом торгівлі послугами гнучкості на ринках електроенергії, що розвиваються [25]. Більше того, гнучкість, яку пропонують сховища, електричні транспортні засоби,



водогрійні котли тощо, які присутні або на рівні домогосподарств, або як спільні активи спільноти, має вирішальне значення для підвищення енергоефективності та мінімізації витрат на енергію для кінцевих користувачів.

Гнучкість на стороні попиту визначається як модифікація очікуваного споживання або виробництва кінцевими споживачами у відповідь на фінансові чи нефінансові стимули та/або на динамічні сигнали цін на електроенергію або для зменшення витрат на енергію, або для надання послуг мережі. Поява спільнот створила компетентні економічні та стійкі можливості для оператора системи розподілу розгорнути свій потенціал гнучкості. Агрегатор відіграє важливу роль у забезпеченні гнучкості від спільноти та передачі його відповідальній стороні оператору системи розподілу або оператору системи передачі. Це передбачає взаємодію багатьох учасників/зацікавлених сторін, де їхня участь залежатиме від різних факторів, включаючи економічні вигоди.

3.5. Транзактивні енергетичні системи

Поняття транзактивної енергії та, відповідно, транзактивних систем було введено для сучасних енергосистем як системи економічних і керуючих механізмів, які дозволяють динамічно балансувати попит і пропозицію у всій електричній інфраструктурі з використанням вартості як ключового показника. Це забезпечує економічно ефективну інтеграцію ВДЕ та створює стимули для інвестицій та інноваційного оновлення місцевих енергетичних систем, що дозволяє управляти як пропозицією, так і попитом на електроенергію [26-28].

Термін «транзактивний» походить від того, що рішення приймаються на основі цінності. Підхід на основі транзактивної енергії має явні переваги над іншими типами управління розумними мережами з точки зору конфіденційності, масштабованості та економічності. Крім того, використання транзакційних або ринкових механізмів запроваджує самоорганізацію в складних системах взаємодіючих суб'єктів.



Транзактивний енергетичний ринок є невід'ємною частиною і необхідний для торгівлі енергією між мікромережами, енергетичними спільнотами або іншими енергетичними об'єднаннями для досягнення балансу місцевого виробництва та споживання енергії. На транзактивному енергетичному ринку учасники зі своїми спеціальними профілями виробництва та споживання енергії можуть використовувати ринкові сигнали для обміну енергетичними послугами в мережі розподілу електроенергії. Торгівля енергією може стимулювати учасників енергетичної спільноти до повного використання місцевого виробництва енергії для забезпечення доступною енергією для своїх споживачів. Транзактивний енергетичний ринок може сприяти використанню реагування на попит, коли наявні енергетичні ресурси не можуть повністю забезпечити місцеві навантаження [28].

Так, наприклад, у [29] представлено структуру транзактивного енергетичного ринку для ефективного управління енергією спільноти з реагуванням на попит і одноранговою торгівлею енергією. Покращення грошової вигоди для учасників відбувається шляхом торгівлі їхнім надлишком генерації/попиту. Учасники торгують своєю чистою енергією за рентабельними цінами внутрішнього ринку, визначеними оператором транзактивного енергетичного ринку. Для визначення внутрішніх ринкових цін на добу наперед використовується ринковий механізм ціноутворення на основі співвідношення попиту та пропозиції.

В [30] представлено певне об'єднання житлових та комерційних будівель як енергетичну спільноту. Тут транзактивна енергетична система дозволяє кільком взаємопов'язаним будівлям обмінюватися енергією для більшої енергоефективності. Дослідження показали, що такі об'єднання можуть досягти колективних інтересів (наприклад, мінімізація загальних витрат на енергію). Однак деяким окремим будівлям, можливо, доведеться пожертвувати своїми індивідуальними інтересами (наприклад, підвищенням вартості) заради колективних інтересів спільноти.

Використання концепції транзактивної енергії для енергетичних спільнот є



перспективною концепцією, яка забезпечить спільноті при оптимальній взаємодії всіх учасників спільноти, при узгодженні їх цілей, при наявних обмеженнях, досягнення оптимального результату.

Висновки

1. Енергетичні спільноти дозволяють місцевим громадам об'єднувати зусилля та інвестувати в чисту енергію. Діючи як єдине ціле, енергетичні спільноти можуть отримати доступ до всіх відповідних енергетичних ринків на рівних умовах з іншими учасниками ринку. Незважаючи на численні пакети довгострокових політичних заходів, запроваджених ЄС, для того, щоб ця кількість зросла, необхідно усунути кілька перешкод. Основними викликами є створення національної нормативної бази, інвестиції в важливі технології перетворення та залучення громадян.

2. З точки зору енергосистеми, локальні енергетичні спільноти зможуть зробити свій внесок у кращу місцеву координацію ресурсів, збалансування виробництва та споживання, а також зробити гнучкість споживачів більш доступною. Це зменшить навантаження на мережу в періоди, коли споживання досягає піку, і під час високого виробництва електроенергії. Технологічні та соціальні інновації, включені локальними енергетичними спільнотами у їх енергетичну поведінку, вимагають певного рівня співпраці з боку ключових учасників для досягнення своїх цілей. Подібним чином учасники технологій повинні прагнути співпрацювати з спільнотами та іншими ключовими учасниками.

3. Світовий розвиток локальних енергетичних спільнот має пришвидшити і запровадження та діяльність таких систем в Україні. Об'єднана енергетична система України потребує підвищення ефективності, підтримку надійного електропостачання, зниженні рахунків для споживачів при використанні ДРГ.

4. Локальні енергетичні спільноти та локальні енергетичні ринки розширюють



можливості громадян стати активними учасниками переходу до сталої енергетичної системи. Сучасні концепції побудови енергетичних систем, таких як транзактивна енергії, впливатимуть на рахунки споживачів за електроенергію, на доходи від продажу енергії, на систему розподілу електроенергії і підходи до планування та експлуатації мережі.