

ЕНЕРГЕТИКА СТАЛОГО РОЗВИТКУ

ENERGY OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT

УДК 621.317.318

DOI 10.20535/1813-5420.3.2024.314619

О.В. Коцар¹, канд. техн. наук, ORCID 0000-0002-7958-2335

Є.О. Касьяненко¹, студент магістратури, ORCID 0009-0008-6704-6616

¹Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

АНАЛІЗ МОДЕЛЕЙ УПРАВЛІННЯ MICROGRID В НАЦІОНАЛЬНОМУ ЗАКОНОДАВЧОМУ ТА РЕГУЛЯТОРНОМУ ПРОСТОРИ

У статті досліджено поняття "microgrid" ("мікромережа"), моделі microgrid та класифікацію microgrid. За результатами опрацювання нормативно-правових актів ЄС та України запропоновано визначення, а також класифікаційні ознаки microgrid, що дозволяють ідентифікувати окремі моделі мікромереж. Розглянуто моделі управління microgrid. За результатами аналізу визначено прогалини законодавства, що стримують розвиток мікромереж в Україні. Бібл. 25. Рис. 6.

Ключові слова: *microgrid, мікромережі, моделі microgrid, моделі управління microgrid, активний споживач, prosumer, енергетичний кооператив, MCP, CDS, CEC, DSOMM, PC, FMM.*

Процеси децентралізації електроенергетики призводять, зокрема, до перетворення пасивних електричних мереж з односпрямованими потоками енергії від масивної генерації (Bulk Generation, BG) до електричних навантажень кінцевих споживачів на активні мережі з двоспрямованими потоками енергії від розподілених/розосереджених генерувальних установок (Distributed Generation, DG) активних користувачів, створених переважно на базі альтернативних та відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), які разом іменують розподіленими енергетичними ресурсами (Distributed Energy Resources, DER), до електричних навантажень тих самих або інших активних користувачів та кінцевих споживачів електричної мережі загального користування (в подальшому – загальна електромережа). Передусім, це має на меті скорочення використання викопного палива та зменшення шкідливого впливу на довкілля. Разом з тим досвід війни України проти російського агресора довів, що електроенергетична система (ЕЕС), побудована на базі розподіленої генерації, набагато менше вразлива до агресивних зовнішніх впливів, зокрема, до ракетних атак на електроенергетичну інфраструктуру.

У площині Smart Grid [1] DERs приєднуються до загальної електромережі переважно на рівні напруги розподілу. Крім того, розподілена генерація, зокрема когенерація, дедалі частіше застосовується у комплексі із системами накопичення енергії (СНЕ) та електричними і тепловими навантаженнями, утворюючи збалансовані мікроелектроенергетичні системи або microgrids (мікромережі) [2]. В результаті традиційна розподільна електрична мережа перетворюється на активну мережу розподілу (Active Distributed Network, ADN), яка з'єднує із загальною ЕЕС мікромережі невеликої потужності, що містять розподілені генерувальні установки, СНЕ та контрольовані навантаження, кожна з яких сама по собі по суті є активною мікросистемою розподілу.

З точки зору ADN мікромережі, з врахуванням їхньої гнучкості, розглядаються як контрольовані навантаження [2]. Втім, здатність мікромереж функціонувати як в режимі приєднання до загальної електромережі (мережевому, гібридному), так і в автономному (ізолюваному, острівному) режимі, а також переривчастий характер роботи, нестабільність виробітку та некерованість генерувальних установок на базі ВДЕ управління такими мікромережами вимагає принципово нових підходів, а також докорінної зміни парадигми управління децентралізованими ЕЕС. Це стосується як управління власне режимами функціонування мікромереж, так і керування бізнес-процесами з управління режимами microgrid та постачання електричної енергії приєднаним до мікромережі користувачам, а також надання з боку microgrid допоміжних послуг (ДП) на запит загальної електромережі.

Метою статті є дослідження нормативного та правового забезпечення процесів впровадження та експлуатації microgrid в Сполучених Штатах Америки (США), Європейському Союзі (ЄС) та в Україні, а також дослідження можливості імплементації передових моделей управління microgrid на основі сучасного законодавства.

Для досягнення поставленої мети необхідно:

- дослідити поняття та процеси утворення microgrid, зокрема, цілі створення microgrid, прагнення та очікування їхніх власників;
- визначити класифікаційні ознаки та диференціювати моделі microgrid;
- виконати порівняльний аналіз законодавчої та регуляторної бази з розробки, впровадження та експлуатації microgrid в США, ЄС та Україні;
- проаналізувати поведінкові моделі активних користувачів за різних моделей microgrid;
- виконати аналіз і визначити моделі управління microgrid, найбільш придатні для імплементації в Україні.

Матеріал і результати досліджень. Упродовж останніх років інтерес до microgrid суттєво підвищився. Втім, головну увагу науковців як і раніше зосереджено переважно на технологічних аспектах функціонування та управління режимами мікромереж, не приділяючи, на нашу думку, достатньої уваги цілям утворення, а також прагненням та очікуванням власників DERs, які утворили microgrid. Крім того, варто брати до уваги, що інтереси окремих власників DERs в одній і тій самій мікромережі можуть різнитися і ситуативно змінюватися як в короткостроковій і середньостроковій, так і в довгостроковій і далекоглядних перспективах, а інколи навіть протирічати одне одному. Саме тому розвиток моделей управління microgrid недоцільно і нераціонально здійснювати без вивчення цілей утворення microgrid, прагнень та очікувань власників DERs, які утворили конкретну мікромережу, а також без належного вивчення поведінкових моделей активних користувачів за різних моделей microgrid. Межі цієї статті не дозволяють провести детальний аналіз у цій сфері, тому обмежимося лише окремими аспектами моделей управління мікромережами, наголошуючи при цьому, що детальний аналіз має бути виконано задля підвищення продуктивності застосування microgrid на користь усіх користувачів електромережі.

Головною метою microgrid є надійне енергозабезпечення споживачів належної якості, зокрема, під час від'єднання від загальної електромережі. Також microgrids застосовуються в регіонах, де неможливо забезпечити приєднання споживачів до загальної електромережі (наприклад, морські острови, віддалені населені пункти тощо). Першочерговим завданням дослідження є з'ясування, що є microgrid, адже сьогодні у науково-технічній літературі доступна велика кількість визначень. Проте, в європейському та українському законодавстві сьогодні усталене визначення microgrid окреслено не чітко, що призводить до помилкових трактувань цього терміну. Ба більше, немає консенсусу навіть з приводу єдиного написання терміну “microgrid”, як серед науковців, так і серед профільних органів. Зокрема, зустрічаються такі варіанти: “microgrid” [3], “Micro-grid” [4], “MicroGrid” [5], “micro grid” [6] тощо. Розглянемо різні визначення.

Міністерство енергетики США (United States Department of Energy) визначає microgrid, як *групу взаємопов'язаних навантажень і розподілених енергетичних ресурсів у межах чітко визначених електричних кордонів, яка діє як єдиний керований об'єкт по відношенню до мережі та може приєднуватись та від'єднуватись від загальної мережі, що дозволяє їй працювати в острівному режимі* [3]. Такої ж думки дотримується і Міжнародна електротехнічна комісія (International Electrotechnical Commission, IEC), яка у Міжнародному електротехнічному словнику (International Electrotechnical Vocabulary, IEV) використовує саме таке визначення, зазначаючи при цьому, що воно охоплює як комунальні мікромережі, так і мікромережі об'єктів, що належать споживачам [7].

Професор Національного технічного університету Афін Нікос Д. Хаціаргіріу, визначає microgrids, як *системи розподілу з розподіленими джерелами енергії, пристроями зберігання та контрольованими навантаженнями, які працюють під'єднаними до основної електромережі або ізольованими у скоординований спосіб* [4].

Громадська організація New York State Energy & Development Authority (NYSERDA), що спеціалізується на аналізі, проведенні технічних експертиз, консультуванні з енергоефективності і використання ВДЕ, визначає microgrids, як *локальні енергетичні мережі, що можуть від'єднуватись від більшої електромережі під час екстремальних погодних умов чи надзвичайних ситуацій, надаючи живлення окремим споживачам та критичним громадським сервісам такі, як лікарні, служби реагування на надзвичайні ситуації та водоочисні споруди* [5].

Міжнародний Конгрес Великих Енергетичних Систем (International Council on Large Electric Systems, CIGRE) під терміном microgrid розуміє *системи розподілу, що містять навантаження та розосереджені енергетичні ресурси (генератори, накопичувальні пристрої або контрольовані навантаження), які можуть працювати у контрольованій, координованій спосіб, як під час з'єднання із основною мережею, так і в острівному режимі* [8].

Нідерландський науковець Ромен Могер упродовж 2020 — 2021 років провів дослідження, частина якого стосувалась визначення поняття “microgrid” [6]. У ході дослідження було опрацьовано понад 30 наукових статей, книг, офіційних доповідей, що здебільшого було опубліковано з 2010 по 2020 рр., які так чи інакше стосуються microgrid. З цих праць було проаналізовано визначення поняття “microgrid”, що пропонують автори і виділено спільні риси:

- локальне розташування (на обмеженій географічній території);
- наявність мікрогенерації на базі традиційних та/або відновлюваних мікроджерел енергії, пристроїв накопичення/зберігання енергії та контрольованих навантажень, що забезпечує енергонезалежність та підвищення надійності електропостачання споживачів;
- здатність microgrid відокремлюватись від загальної мережі і працювати в острівному режимі. При цьому, microgrid може взагалі не мати зв'язку із загальною електромережею [6].

Ще на початку ХХІ ст., коли активно почали досліджуватися питання розбудови microgrid з метою підвищення надійності електропостачання, передусім у США через стихійні лиха, що часто руйнують енергетичну інфраструктуру, науковці зазначали про важливість обмеження потужностей для таких мікромереж. Управління енергетичних досліджень і розвитку штату Нью-Йорк (NYSERDA) у 2010 році опублікувало звіт “Microgrids: an assessment of the value, opportunities and barriers to development in New York state” [9]. Дослідницькою групою було виявлено, що більшість мікромереж мають генерувальну потужність до 10 МВт, проте більші системи, які призначено, наприклад, для енергозабезпечення кампусів, мали потужність до 40 МВт. Як зазначають автори, розмір microgrid змінюється залежно від розв'язуваних завдань, проте на їхню думку прийнятною, хоча й умовною верхньою межею потужності мікромережі є 40 МВт [9]. Відповідно до онлайн сервісу “Microgrids Map of the EU” можна проаналізувати наявні microgrid у ЄС. Більшість мікромереж мають потужність до 1-2 МВт і лише дві мікромережі “Feldheim” (Німеччина) та “Bornholm-Microgrid” (Данія) мають генерувальні потужності 75 МВт та 62,5 МВт відповідно [10].

За результатами проведених досліджень та аналізу визначень від різних наукових та комерційних організацій запропонуємо наступне визначення: *microgrid* — це локально розташована (на обмеженій географічній території в межах чітко визначених географічних кордонів) збалансована мікроенергетична система з єдиним центром управління та обмеженою генерувальною потужністю (зазвичай не більше 40 МВт), що охоплює мікрогенерацію, зокрема мікрогенерацію, на базі традиційних та/або відновлюваних мікроджерел енергії, пристрої накопичення/зберігання енергії і контрольовані теплові та електричні навантаження і забезпечує енергопостачання споживачів (промислових, комунальних, побутових) та/або підвищує його надійність як в режимі функціонування у складі загальної електромережі, так і за тимчасового або не обмеженого в часі автономного/острівного режиму. Слід зазначити, що обмеження генерувальної потужності мікромережі саме 40 МВт бачиться доцільним сьогодні. Проте, через неухильне вдосконалення генерувальних установок, зростання потужностей струмоприймачів та обсягів споживання електроенергії це обмеження передбачає виключення і в подальшому може бути переглянuto.

З метою впорядкування нормативно-правового забезпечення функціонування мікромереж доцільно визначити ключові класифікаційні ознаки, що дозволять диференціювати microgrids. Мікромережа має забезпечувати надійне електропостачання споживачів, зокрема, в острівному режимі за тимчасового чи необмеженого від'єднання від загальної електромережі. Отже, однією з головних класифікаційних ознак microgrid є її автономність і збалансованість за потужностями навантаження та генерації. Іншою класифікаційною ознакою є обмеження генерувальної потужності microgrid. Якщо мікромережі не обмежувати в потужності, це може стати певною лазівкою для недоброчесних підприємців, які будуватимуть мікромережі з великими генерувальними потужностями і користуватись або ж пільговими умовами, що потенційно передбачені у законодавстві щодо microgrid або ж виникатимуть великі монопольні гравці в регіоні, яких буде важко контролювати. Також, будь-яка розподільна мережа має керуватись з єдиного центру управління. Microgrid не є виключенням і важливою класифікаційною ознакою є наявність єдиного центру управління мікромережею. Загальну структуру та класифікаційні ознаки microgrid наведено на рис. 1.

Аналізуючи законодавство ЄС у сфері електроенергетики, зокрема, Директиву ЄС 2019/944 про загальні правила внутрішнього ринку електричної енергії [12], Директиву ЄС 2018/2001 про сприяння використанню енергії з відновлюваних джерел [13], а також публікації європейських науковців, варто зазначити, що сьогодні microgrid в ЄС законодавчо не визначено. Тобто не існує офіційного визначення, що можна було б розуміти під таким поняттям [14]. Як зазначає науковець Джеймі Берент у своїй праці “Small Systems: Big Impacts – Examining the Concept of Microgrids from an EU Law Perspective” [14] в ЄС поняття “microgrid” використовується здебільшого у наукових колах та політичних документах і не має офіційного юридичного підкріплення, що стримує розвиток мікромереж. Відсутність офіційного тлумачення призводить до обмеження переваг споживачів, які могли б надати такі мікромережі.

Директива 2019/944 не містить визначення “microgrid”, проте, окремі положення [12] можна все ж таки співставити з певними класами мікромереж (рис. 2), зокрема, закриті системи розподілу (Closed Distribution Systems, CDSs), громадські енергетичні спільноти (Citizen Energy Communities, CECs), активні користувачі (active customers), малі ізольовані системи (Small Isolated Systems, SISs) і малі приєднані системи (Small Connected Systems, SCSs). Директивою ЄС 2018/2001 [13] визначено спільноти з

відновлюваних джерел (Renewable Energy Communities, RECs), які також можна співставити з окремим класом microgrid [14].

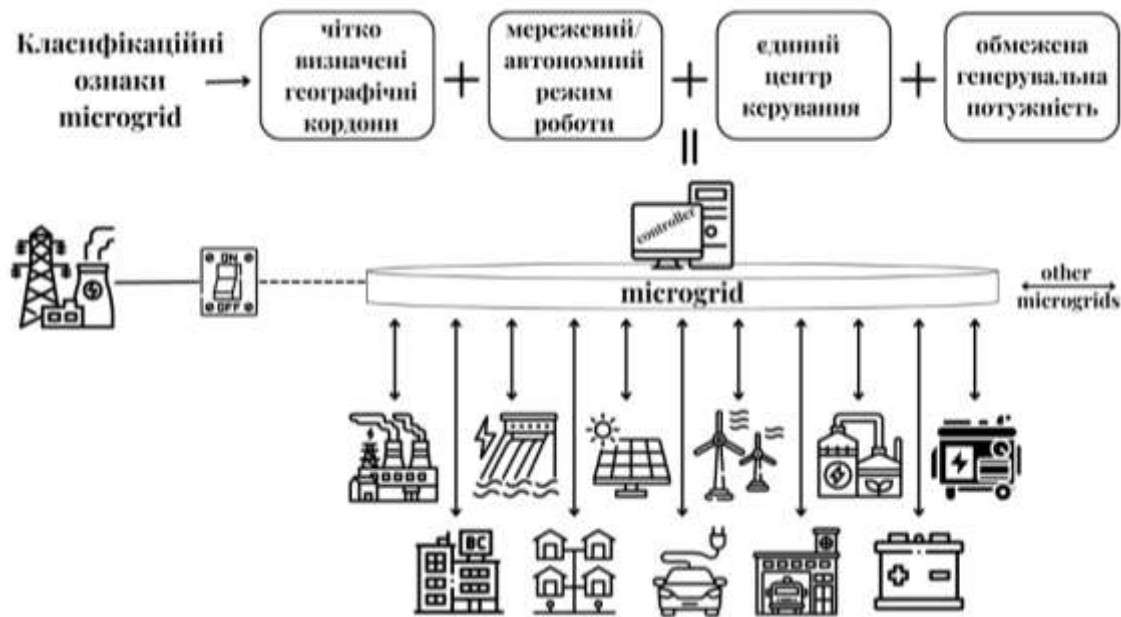


Рисунок 1 — Загальна структура та класифікаційні ознаки microgrid. Створено з частковим використанням ресурсу flaticon.com [11]

Закриті системи розподілу (CDSs) призначено для розподілу електричної енергії на окремо визначеному географічному просторі для промислових та комерційних об'єктів. Отже, CDS є одним із випадків microgrid, що забезпечує електропостачання промислових та комерційних споживачів.

Громадські енергетичні спільноти (CECs) відповідно до свого визначення в п.11 ст.2 Директиви 2019/944 є добровільними організаціями, що спеціалізуються на виробітку (зокрема, на базі ВДЕ), розподілі, постачанні, споживанні, агрегуванні, зберіганні енергії тощо [12]. Головною метою CECs є отримання економічної, екологічної та соціальної вигоди для членів або акціонерів спільноти, а не отримання фінансового прибутку. У п.16 ст.2 Директиви 2018/2001 передбачено визначення ВДЕ-громади (REC), що має практично ідентичне значення, що й CEC, але виробництво електроенергії має здійснюватись виключно на базі ВДЕ на відміну від громадських енергетичних спільнот [13]. Як і в попередньому випадку можна стверджувати, що CEC та REC є окремими класами мікромереж, що передбачають створення юридичної особи з кількістю учасників не менше двох [14].

Також, у п.8 ст.2 Директиви 2019/944 наведено поняття “активний користувач” (active customer), яке визначає кінцевого користувача або групу спільно діючих користувачів, що споживає або зберігає електроенергію, вироблену в своїх приміщеннях, розташованих в обмежених кордонах, або, якщо це дозволено державою-членом, в інших приміщеннях, або який продає електроенергію власного виробництва або бере участь у схемах забезпечення гнучкості або енергоефективності, за умови, що така діяльність не є його основною комерційною чи професійною діяльністю [12]. Виробництво електроенергії активним користувачем здебільшого має бути спрямовано на задоволення власних потреб. Відсутня можливість постачати електроенергію іншим користувачам, проте дозволено продавати надлишки виробленої електроенергії до загальної електромережі, що можна класифікувати, як окремий випадок microgrid.

Мала ізольована система (SIS), являє собою будь-яку систему, яка в 1996 р. споживала менше ніж 3000 ГВт-год і яка отримує менше ніж 5% річного споживання через пов'язані системи. Мала приєднана система (SCS), являє собою будь-яку систему, яка в 1996 р. споживала менше ніж 3000 ГВт-год і яка отримує більше ніж 5% річного споживання через пов'язані системи [12]. Деякі мікромережі можна віднести до SIS або SCS виходячи з їхнього річного електроспоживання та залежно від взаємозв'язків з іншими системами, проте знову ж таки це буде лише окремим випадком microgrid.

Якщо ж оцінювати загалом сучасне енергетичне законодавство ЄС у сфері microgrid, то варто звернути увагу, що окремі мікромережі можуть складатись лише з декількох домогосподарств, у той час, як інші можуть жити селище в цілому, а в законодавстві ЄС також сформульовано вимоги для мікромереж, що мають кількість приєднань понад 100 тисяч абонентів [14]. Також, у зв'язку з відсутністю регулювання microgrid виникає ще одна проблема з приводу того, хто відповідальний за мікромережу, коли microgrid працює в режимі приєднання до загальної електромережі разом з основною

енергосистемою, а хто – коли в острівному і відповідно коли настають повноваження того чи іншого учасника ринку (ОСР або оператора microgrid) [14].

Отже, певні неврегульованості у нормативно-правовому забезпеченні застосування microgrid, починаючи з визначення поняття “microgrid”, зумовлюють невизначеності у розподілі ролей у сфері управління мікромережами між учасниками ринку, їхніми функціями, правами, обов’язками тощо. Звісно, деякі мікромережі можна підвести під чинне законодавство, наприклад мікромережі, що забезпечують електропостачання промислових споживачів, але це лише окремі класи microgrid.

Сьогодні в Україні відсутня нормативно-правова база, яка б стосувалась безпосередньо класичної microgrid, що було попередньо розглянуто [15]. Як і в європейській нормативно-правовій базі, в Україні також існують певні терміни, що можна віднести до окремих класів мікромереж, а саме (рис. 3):

- мала системи розподілу, МСР (Кодекс системи розподілу, КСР) [16];
- активний споживач (Закон України «Про ринок електричної енергії») [17];
- енергетичний кооператив (Закон України «Про альтернативні джерела енергії») [18].

Під МСР розуміється система ліній, допоміжного обладнання, обладнання для трансформації та перемикачів від точки приєднання до мереж оператора системи розподілу (ОСР) або оператора системи передачі (ОСП) до точок приєднання електроустановок користувачів, розташованих на обмеженій території об’єктів та/або земельних ділянок, які є власністю оператора МСР і використовуються для розподілу електричної енергії користувачам, що відповідають вимогам, визначеним законом [16].

Пунктом 9.2. КСР [16] передбачено умови визначення МСР, серед них підпунктом 2 встановлено, що розподіл електричної енергії малими системами розподілу не здійснюється побутовим споживачам. Також КСР визначено, що користувачами малої системи розподілу є юридичні особи або фізичні особи-підприємці, які відпускають або приймають електричну енергію до/з мереж малої системи розподілу для задоволення своїх потреб.

Отже, виходячи з цієї умови поняття “мала система розподілу” є лише одним з випадків microgrid, адже класичним поняттям “microgrid” не передбачено обмежень щодо постачання електричної енергії побутовим споживачам. Такі мікромережі використовуються здебільшого індустріальними парками. Донедавна діяльність МСР провадилась без отримання ліцензії, проте, у липні 2023 року набули чинності зміни до Закону України «Про ринок електричної енергії» [17], де передбачено отримання ліцензій для операторів МСР.

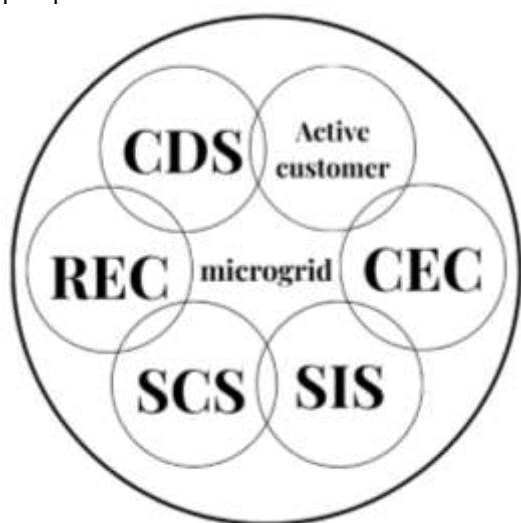


Рисунок 2 — Взаємозв’язок microgrid з визначеннями європейської законодавчої бази



Рисунок 3 — Взаємозв’язок microgrid з визначеннями української регуляторної бази

Законом України «Про ринок електричної енергії» передбачено визначення поняття “активний споживач”, зокрема, “приватне домогосподарство, енергетичний кооператив, споживач, який є замовником енергосервісу, 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 попиту відповідно до вимог закону, за умови що ці види діяльності не є його основною господарською або професійною діяльністю” [17]. Законом передбачено, що генерувальні установки повинні забезпечувати здебільшого самого споживача, і лише надлишки виробленої електроенергії дозволено продавати. У ч.1 ст.58¹ [17] передбачено втрату статусу активного споживача у разі якщо споживач має генерувальні установки понад 1 МВт і при цьому за попередній календарний рік обсяг відпуску електричної енергії, що було вироблено генерувальними установками споживача перевищив 50% загального обсягу споживання електричної

енергії (з мережі та генерувальних установок) такого споживача [17]. Також, активний споживач має обмеження у дозволений потужності генерувальних установок під час її продажу за “зеленим” тарифом [17]:

- побутові споживачі у своїх приватних домогосподарствах – генерувальні установки, встановлена потужність яких не перевищує 50 кВт, призначені для виробництва електричної енергії з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру та її продажу за “зеленим” тарифом відповідно до статті 9¹ Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [18];

- інші споживачі, зокрема енергетичні кооперативи, – генерувальні установки, встановлена потужність яких не перевищує 150 кВт, призначені для виробництва електричної енергії з енергії сонячного випромінювання та/або енергії вітру, з біомаси, біогазу, гідроенергії, геотермальної енергії та її продажу за “зеленим” тарифом відповідно до статті 9¹ Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [18];

- приватні домогосподарства – генерувальні установки, приєднані до електроустановок, призначених для споживання електричної енергії напряму або через мережі такого споживача, за умови що встановлена потужність генерувальних установок не перевищує величину дозвільної (договірної) потужності електроустановок такого споживача, призначених для споживання електричної енергії, але не більше 30 кВт, та продажу виробленої, але не спожитої електричної енергії за механізмом самовиробництва відповідно до статті 9⁶ Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [18];

- малі не побутові споживачі – генерувальні електроустановки, що приєднані до електроустановок, призначених для споживання електричної енергії напряму або через мережі такого споживача, за умови що встановлена потужність таких електроустановок не перевищує величину дозвільної (договірної) потужності електроустановок такого споживача, призначених для споживання електричної енергії, але не більше 50 кВт, та продажу виробленої, але не спожитої електричної енергії за механізмом самовиробництва відповідно до статті 9⁶ Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [18];

- не побутові споживачі – генерувальні електроустановки, приєднані до електроустановок, призначених для споживання електричної енергії напряму або через мережі такого споживача, за умови що встановлена потужність таких електроустановок не перевищує величину дозвільної (договірної) потужності електроустановок такого споживача, призначених для споживання електричної енергії та продажу виробленої, але не спожитої електричної енергії за механізмом самовиробництва до статті 9⁶ Закону України «Про альтернативні джерела енергії» [18].

Отже, поняття “активний споживач” є одним з випадків microgrid, що передбачає виробництво електроенергії лише для власного споживання (дозволено продаж лише надлишків), можливість встановлення генерувальних установок для побутових та малих не побутових споживачів з суттєвими обмеженнями за потужністю.

Варто також дослідити законодавство про енергетичні кооперативи, що мають спільні риси із громадськими енергетичними спільнотами (CECs) у Європі. Законом України «Про альтернативні джерела енергії» передбачено визначення енергетичного кооперативу, що є юридичною особою, яка створена відповідно до Закону України «Про кооперацію» [20] або Закону України «Про споживчу кооперацію» [21] для здійснення господарської діяльності з виробництва, заготівлі або транспортування паливно-енергетичних ресурсів та зберігання енергії, для надання інших послуг з метою задоволення потреб його членів або територіальної громади, а також з метою отримання прибутку відповідно до законодавства (рис. 4) [18].

Відповідно до ст.6 Закону України «Про кооперацію» кооперативи поділяються на три типи: виробничий, обслуговуючий та споживчий. У ст.23 цього ж закону зазначено, що лише виробничий кооператив утворюється з метою отримання прибутку, а інші кооперативи надають послуги своїм членам не маючи на меті отримання прибутку. Оскільки активний споживач здійснює продаж надлишків виробленої електричної енергії, а отже отримує прибуток, то за характером діяльності енергетичний кооператив слід віднести до виробничих кооперативів. Законом передбачено визначення виробничого кооперативу, що являє собою кооператив, який утворюється шляхом об’єднання фізичних осіб для спільної виробничої або іншої господарської діяльності на засадах їхньої обов’язкової трудової участі з метою одержання прибутку [20]. Відповідно до визначення “активного споживача” енергетичний кооператив є одним із можливих випадків такого споживача, а отже – одним із випадків microgrid, у якому передбачена трудова участь всіх його членів. Якщо метою такого кооперативу буде отримання прибутку і він буде утворений відповідно до Закону України «Про кооперацію», то його засновниками можуть бути виключно фізичні особи. Розглянемо можливість функціонування енергетичних кооперативів відповідно до Закону України «Про споживчу кооперацію» [21]. Відповідно до цього закону споживча кооперація в Україні визначається, як “добровільне об’єднання громадян для спільного ведення господарської діяльності з метою поліпшення свого економічного та соціального стану. Вона здійснює торговельну, заготівельну, виробничу та іншу діяльність, не заборонену чинним законодавством України, сприяє соціальному і культурному розвитку села, народних промислів і ремесел, бере участь у міжнародному кооперативному

русі”. У ст.3 вказано, що кооперація незалежна у своїй діяльності від органів державної влади, політичних партій та громадських організацій. Статтею 6 визначено членство у споживчому товаристві, яке може бути індивідуальним (громадяни, які досягли 16-річного віку) та колективним (фермерські господарства, колективні сільськогосподарські підприємства, господарські товариства, кооперативні, державні та інші підприємства, що поділяють його цілі та інтереси) [21]. Отже, враховуючи це можна стверджувати, що при утворенні енергетичного кооперативу відповідно до Закону України «Про споживчу кооперацію» учасниками можуть бути як фізичні, так і юридичні особи, зокрема ті, що мають державну форму власності, але учасниками не можуть бути державні органи та органи місцевого самоврядування.

Що стосується місцевих органів влади, то ситуація з точки зору законодавства є неоднозначною. З одного боку не всі місцеві органи влади є державними, наприклад органи місцевого самоврядування (сільська, селищна, міська, районна в місті, районна, обласна ради). До державних органів влади слід віднести обласні державні адміністрації, Київську міську державну адміністрацію. Отже, можна було б припустити, що саме органи місцевого самоврядування могли б бути учасниками таких кооперативів. До того ж ч.3 ст. 169 Цивільного кодексу України передбачено, що «територіальні громади можуть створювати юридичні особи приватного права (підприємницькі товариства тощо), брати участь в їх діяльності на загальних підставах, якщо інше не встановлено законом» [22]. Проте, з іншого боку ч.4 ст.43 Господарського кодексу України (ГК України) передбачено, що «здійснення підприємницької діяльності забороняється органам державної влади та органам місцевого самоврядування» [23]. Враховуючи це можна припустити, що засновником/учасником енергетичного кооперативу органи місцевого самоврядування можуть бути лише, якщо такий кооператив не має на меті отримання прибутку. Одним можливих варіантів участі місцевого самоврядування в енергетичних кооперативах є створення або вибір наявного комунального підприємства, яке і стане учасником енергетичного кооперативу. У такому випадку орган, до сфери управління якого відноситься комунальне підприємство, і буде представляти інтереси власника і виконувати його функції, що передбачені законодавством (ч.2 ст.78 ГК України).

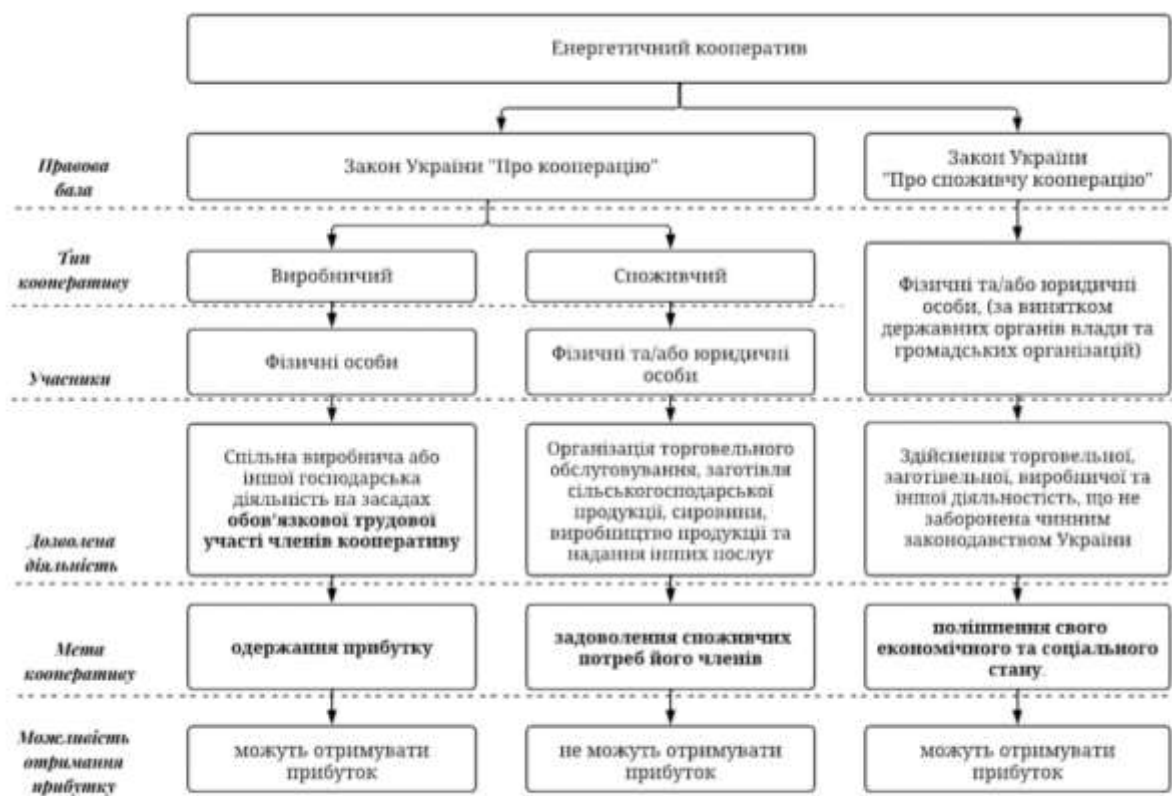


Рисунок 4 — Законодавчі засади створення енергетичних кооперативів та основні вимоги до них

Варто зазначити, що перший енергетичний кооператив у м. Славутич заснований відповідно до Закону України «Про споживчу кооперацію» [21] (СТ «Сонячне місто»). Власником паю в цьому енергетичному кооперативі є комунальне підприємство «Агенція регіонального розвитку», що дозволяє місту контролювати діяльність кооперативу з середини.

Підсумовуючи можна стверджувати, що сьогодні немає узгодженого визначення microgrid в українському нормативно-правовому полі, проте передбачено окремі випадки мікромереж як то МСР, енергетичний кооператив, активний споживач. Втім, діяльність таких мікромереж не є чітко регламентованою. Діяльність окремих видів мереж, які можна б було віднести до microgrid, а також учасників таких мікромереж регулюється низкою нормативно-правових актів. Окрім цього, сьогодні немає розуміння щодо моделі управління такими мікромережами, де було б визначено чіткі ролі, права та обмеження для кожного з учасників, що працюють з microgrid, уникаючи при цьому конфлікту інтересів. Результати порівняння європейської та української нормативно-правової бази із забезпечення функціонування мікромереж наведено в табл. 1:

За результатами порівняльного аналізу, наведеними в табл. 1, “закрита система розподілу” (CDS) та “мала система розподілу” (МСР) є аналогічними поняттями як у європейському, так і в українському законодавстві. Що стосується термінів “громадська енергетична спільнота” (СЕС) та “енергетичний кооператив”, то в Україні такі організації створюються, зокрема, з метою отримання прибутку, а в ЄС головною метою є отримання екологічних, економічних або соціальних суспільних благ для учасників та/або акціонерів і територіальних громад, а не отримання фінансового прибутку [12]. Як і в ЄС, в Україні такі організації належать до активних користувачів/споживачів внаслідок внесення змін 30.06.2023 р. до Закону України «Про ринок електричної енергії» [17]. Загалом, в обох законодавчих базах немає чітко визначеного поняття microgrid, що стримує їхній розвиток та породжує невизначеності під час функціонування наявних мікромереж. Що стосується розглянутих випадків microgrid як у європейському законодавстві, так і в українському існують рівнозначні визначення, що є природним на шляху прагнення України до євроінтеграції. Проте, інколи процес імплементації європейських нормативно-правових актів затягується, і до того ж в Україні вони набувають певних національних особливостей, що не завжди є раціональним.

Таблиця 1 — Порівняння європейської та української нормативно-правової бази із забезпечення функціонування мікромереж

№ з/п	Визначення		Спільні риси	Відмінність
	ЄС	Україна		
1	Закрита система розподілу (CDS)	Мала система розподілу (МСР)	<ul style="list-style-type: none"> - є системою розподілу; - відсутність постачання електроенергії побутовим споживачам; - територіальна обмеженість 	В Україні передбачена можливість роботи в острівному режимі
2	Активний користувач	Активний споживач	<ul style="list-style-type: none"> - споживання і виробництво електричної енергії; - першочергове задоволення власних потреб в електричній енергії, а потім можливий продаж надлишків; - можливість накопичення електричної енергії - можлива участь у заходах з енергоефективності та управління попитом 	В Україні активним споживачем в т. ч. є і замовник енергосервісу (як до, так і після переходу до нього права власності на майно, утворене (встановлене) за енергосервісним договором
3	Громадська енергетична спільнота (СЕС)	Енергетичний кооператив	<ul style="list-style-type: none"> - юридична особа; - добровільне об'єднання; - учасниками можуть бути як фізичні, так і юридичні особи 	Учасниками кооперативу можуть бути фізичні та юридичні особи, але не державні органи влади. У ЄС головною метою є отримання економічних, екологічних та соціальних благ членам спільноти, а не отримання фінансового прибутку. Членами можуть бути і органи місцевого самоврядування

Задля продуктивного застосування microgrids вкрай важливим є підвищення ефективності бізнес-моделей управління мікромережами. У науковій літературі виділяють три бізнес-моделі управління

microgrid, а саме (рис. 5): модель монополії оператора системи розподілу (Distribution System Operator Monopoly Model, DSOMM), консорціум просюмерів (Prosumer Consortium, PC) та модель вільного ринку (Free Market Model, FMM) [24]. Як зазначає дослідник Джеймі Берент, ці моделі використовуються багатьма науковцями для класифікації мікромереж за формою власності та операційною структурою.

Перша модель — DSOMM передбачає, що мікромережа належить ОСП та управляється ним або ОСП призначає юридичну особу, що пов'язана (або є дочірньою) до ОСП. Такі мікромережі здебільшого будуються у віддалених районах або на островах, де під'єднання до загальної мережі є економічно не виправданим з точки зору витрат на будівництво системи розподілу до таких споживачів.

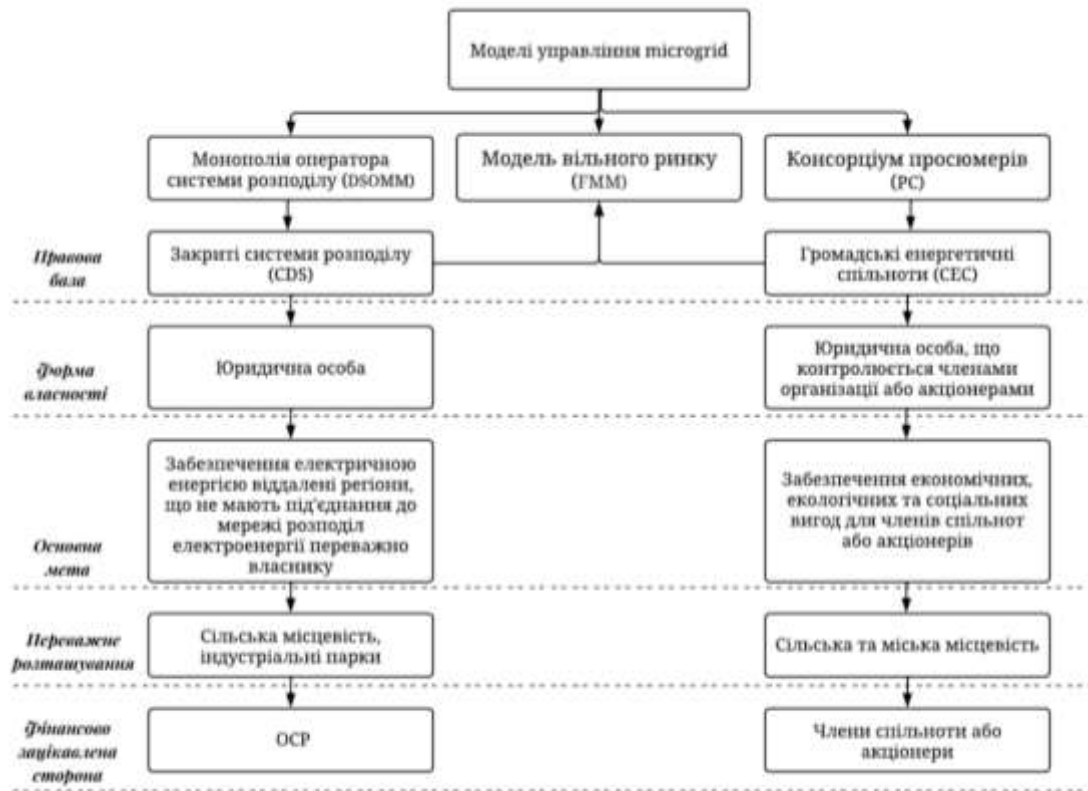


Рисунок 5 — Основні положення сучасної європейської нормативно-правової бази щодо моделей управління microgrid

Друга модель — PC керується споживачем або групою споживачів, що споживають та виробляють електричну енергію. Оператор такої системи є частиною юридичної особи, що утворена для керування мікромережею. Метою створення такої мікромережі зазвичай є підвищення енергонезалежності споживачів, зменшення витрат на оплату електроенергії, проте, інколи доцільним є також продаж виробленої електроенергії до загальної електромережі у період високого попиту та, відповідно, вищих цін з метою отримання прибутку.

Третя група — FMM може належати та керуватись будь-якою із заінтересованих сторін, наприклад ОСП, місцевими органами влади, постачальником електроенергії або споживачем. На сьогодні ця модель є найменш дослідженою, зокрема через її не поширеність. Наприклад, у ЄС немає мікромереж, що управлялись за допомогою цієї моделі, оскільки законодавством не передбачено можливість переходу юридичної відповідальності за роботу мікромережі від однієї сторони до іншої в залежності від того в чіх інтересах microgrid працює в конкретний час [14; 24]. Вона є альтернативною DSOMM та PC, де власники можуть залучати до управління мікромережею одного з учасників ринку [24].

Оскільки, як вже зазначалося, у європейському законодавстві сьогодні немає згадки про мікромережі та управління ними, Джеймі Берент пропонує регулювати адміністративне управління мікромережами відповідно до моделей DSOMM виходячи з вимог до CDSs, а PC – відповідно до вимог і правил функціонування громадських енергетичних спільнот (CECs). Що стосується FMM, така концепція може регулюватись DSOMM або PC виходячи з того, хто є власником microgrid. [24].

Попередньо дослідивши поняття закритої системи розподілу та її особливостей можемо припустити, що використанням моделі DSOMM можливе на основі нормативної бази, що створена для CDS. Проте, можна виділити дві законодавчі прогалини, якими будуть обмежуватись такі мікромережі.

По-перше, CDS в сучасному європейському законодавстві не може працювати ізольовано. По-друге, електроенергія з CDS не може постачатись побутовим споживачам. В інших випадках, використання законодавчої бази щодо CDS можливе в контексті управління microgrid за моделлю DSOMM. У разі ухвалення рішення про управління мікромережею за моделлю DSOMM на основі CDS після проходження всіх офіційних процедур з під'єднання, що передбачені чинним законодавством конкретної країни, оператор мікромереж буде кваліфікуватись, як оператор системи розподілу, а отже повинен дотримуватись усіх регуляторних вимог, що передбачені до таких учасників ринку електричної енергії. Законодавством ЄС передбачено, що OCP не може виробляти та продавати електроенергію. Проте існує виключення у ч.4 ст.35 Директиви ЄС 2019/944 [12], згідно з яким OCP, що мають менше ніж 100 000 споживачів звільняються від юридичного та функціонального відокремлення діяльності з розподілу електричної енергії від інших видів діяльності. Крім цього, ст.38 Директиви ЄС 2019/944 [12] передбачено, що держави члени ЄС можуть дозволити таким операторам системи розподілу не закуповувати послуги гнучкості та не подавати плани розвитку їхньої мережі до національного регулятора, володіти, розвивати, управляти та експлуатувати зарядні пункти для електромобілів та установки для накопичення/зберігання енергії.

Друга модель управління мікромережами — консорціум просюмерів (PC) може бути розвинена на основі чинної законодавчої бази щодо громадських енергетичних спільнот (CECs). Варто зауважити, що CECs можуть бути віртуальними, тобто їхні учасники можуть бути географічно розподіленими [24], з чого витікає, що у разі, якщо генерувальні потужності таких учасників є територіально віддаленими і вони не можуть об'єднуватись в єдину мікросистему, то не всі громадські енергетичні спільноти можна буде віднести до мікромереж. Різниця між PC та CECs полягає у тому, що для перших передбачено функціонування в острівному режимі. Регулювання діяльності CECs передбачено тією ж Директивою ЄС 2019/944. У ч.2 ст.16 Директиви ЄС 2019/944 [12] передбачено можливість держав членів ЄС формувати сприятливу нормативно-правову базу для таких користувачів, зокрема CEC може володіти, створювати, орендувати, управляти частиною власних мереж розподілу. CEC може набути право на статус OCP або CDS. Отже, навіть якщо мікромережа класифікується як CEC, вона повинна призначити оператора, який буде дотримуватись вимог OCP або CDS.

Директивою ЄС 2019/944 [12] передбачено, що кожна сторона має права та обов'язки відповідно до ролі, яку вона виконує (споживач, виробник, постачальник, тощо). Користувачі мікромережі PC можуть одночасно підпадати під декілька ролей. Якщо споживачі виробляють, споживають або зберігають власне вироблену електроенергію в межах своїх електроустановок з урахування визначених законодавчо обмежень, таких споживачів можна класифікувати, як активних користувачів, а отже вони можуть делегувати свої обов'язки третім сторонам. Делегована сторона може бути оператором системи розподілу, а члени CEC візьмуть на себе роль споживачів та виробників і будуть виконувати свої зобов'язання, як активні користувачі. Проте, як зазначає Джеймі Берент [24] учасники мікромережі можуть мати різні інтереси в конкретний період часу і при цьому їх не можна обмежувати, наприклад, у виборі електропостачальників. Але, якщо при зміні електропостачальника будуть страждати інші учасники спільноти через обмеженість потужності або вони повинні будуть понести додаткові витрати на функціонування мікромережі, це може призвести до нежиттєздатності такої мікромережі. Щоб уникнути цього необхідно ще на початкових етапах утворення спільноти передбачити це, збалансувати інтереси будь якої сторони та передбачити це у контрактах [24].

Третя модель управління мікромережами — модель вільного ринку (FMM). За такої моделі право власності може належати OCP, територіальній громаді, постачальнику електроенергії або споживачам. У такому випадку доцільно розглядати управління за цією моделлю виходячи з того, хто є власником цієї мікромережі. Якщо оператор системи розподілу керує частиною загальної мережі і залучений до управління мікромережею, то у такому випадку доцільно розглядати управління такою microgrid з боку CDS. Якщо ж OCP не є власником такої мікромережі, то доцільно розглядати законодавчу базу з погляду CEC. З юридичної точки зору ця модель може керуватись як CDS, так і CEC [24].

Як і в європейському законодавстві, в Україні є свої рівнозначні поняття до CDS та CEC, а саме “мала система розподілу” та “енергетичний кооператив”. Розглянемо можливість використання моделей управління мікромережами на основі правової бази, що розроблена для MCP та енергетичних кооперативів (рис. 6).

MCP фактично є аналогічною до CDS з точки зору законодавства. Що стосується вимог до MCP, то також передбачено відсутність можливості постачати електричну енергію побутовим споживачам. Крім того, висувається низка вимог у п. 9.2 КСР [16], що мають виконуватись для того, щоб таку електричну мережу можна було класифікувати, як малу систему розподілу. Зокрема, електричні мережі повинні бути розташовані на території об'єктів та/або земельних ділянок, на яких розташовані електроустановки користувачів MCP (крім ліній приєднання MCP до OCP або OCP, що можуть розташовуватись поза їхніми межами). Це суттєво обмежує під'єднання додаткових споживачів, що не мають спільних меж земельної ділянки. У п.9.4.1 КСР [16] передбачено, що MCP повинна провадити свою діяльність з дотриманням

вимог законодавства, що регулює функціонування ринку електричної енергії та діяльність ОСР, враховуючи особливості, що визначені для оператора малої системи розподілу (МСР).

Пунктом 9.4.3 [16] передбачено, що МСР може виконувати функції постачальника електричної енергії своїм користувачам за умови отримання ліцензії, а також функції постачальника послуг комерційного обліку. Законом України «Про ринок електричної енергії» у п.11 ст.47 передбачено таке: якщо ОСР має менше 100 тисяч приєднаних споживачів, а його середньомісячний обсяг розподілу електричної енергії не перевищує 20 млн. кВт-год, то Регулятор (Національна комісія, що здійснює регулювання у сфері електроенергетики та комунальних послуг, НКРЕКП) може прийняти рішення про звільнення вимоги щодо недопустимості ОСР здійснювати діяльність з виробництва та/або передачі, та/або постачання електричної енергії [17]. На відміну від європейського законодавства, в Україні дозволено ОСР працювати в ізолюваному режимі після ухвалення змін до КСР [16] у грудні 2023 р. Отже, використання правової бази МСР під час управління мікромережею за моделлю DSOMM є можливим, проте існують певні обмеження, зокрема, що стосуються постачання електроенергії побутовим споживачам, а також розміщення розподільних мереж виключно на території/об'єктах споживачів.

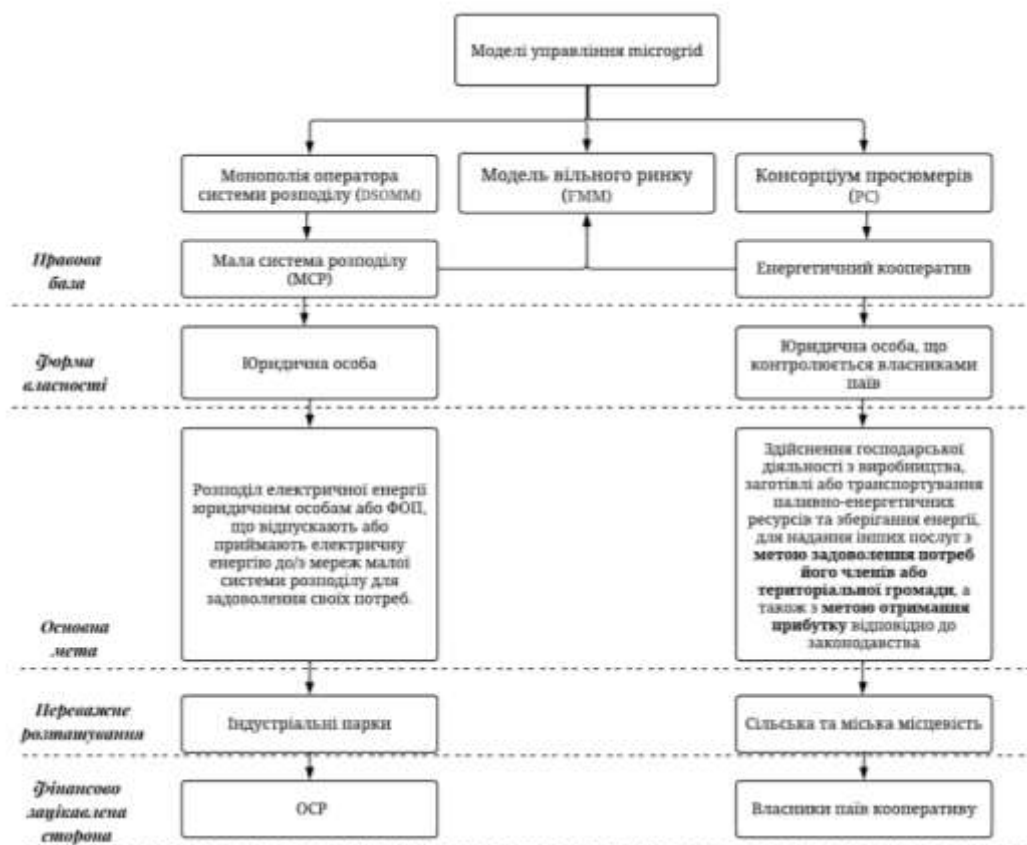


Рисунок 6 — Основні положення української нормативно-правової бази щодо моделей управління microgrid. Створено з використанням ресурсів [16, 18, 20, 21].

Другу модель управління мікромережами (PC) пропонується розглядати в рамках національної законодавчої бази про енергетичні кооперативи [18, 20, 21]. Законодавством передбачено, що енергетичні кооперативи утворюються з метою отримання прибутку. Враховуючи особливості утворення кооперативів, а саме, якщо кооператив буде утворено відповідно до Закону України «Про кооперацію» і при цьому передбачається отримання прибутку, то лише фізичні особи можуть бути засновниками. Такий енергетичний кооператив “утворюється шляхом об’єднання фізичних осіб для спільної виробничої або іншої господарської діяльності на засадах їхньої обов’язкової трудової участі з метою одержання прибутку” [20]. Якщо ж кооператив буде просто виробляти електроенергію та розподіляти її між своїми членами не маючи на меті отримання прибутку, то такий кооператив буде споживчим і його можуть утворювати як фізичні, так і юридичні особи. Інший варіант створення енергетичного кооперативу передбачений Законом України «Про споживчу кооперацію» [21]. Учасниками такого кооперативу можуть бути, як фізичні, так і юридичні особи за виключенням державних органів влади і органів місцевого самоврядування. Це є однією з перелон на шляху до використання такої моделі в рамках українського

законодавства, адже немає можливості, наприклад органам державної влади інвестувати кошти та брати активну участь у розвитку мікромереж.

Хоча поняття “енергетичний кооператив” було введено в нормативно-правове поле ще у 2019 році, у законодавчій базі воно зустрічається досить рідко. Через це немає чіткого розуміння, за якими правилами такий кооператив має працювати. Крім того, положення ч.2 ст.58¹ Закону України «Про ринок електричної енергії» [17] передбачає, що енергетичні кооперативи можуть встановлювати генерувальні потужності до 150 кВт, що є недостатнім. Побутові споживачі у приватних домогосподарствах можуть встановлювати генерувальні потужності до 50 кВт (на умовах продажу електроенергії за “зеленим” тарифом). Через такі обмеження та обмежену нормативно-правову базу щодо енергетичних кооперативів існують суттєві перешкоди на шляху їхнього розвитку.

У експертному фокус-груповому дослідженні проведеному у 2023 році Socio Inform «Фінансові, технічні та законодавчі аспекти створення енергетичних спільнот в Україні» було розглянуто культурні, інформаційні, економічні та регуляторні бар’єри створення енергетичних спільнот в Україні [25]. Відповідно до мети нашого дослідження доцільним буде зупинитись на таких бар’єрах, як невивігдні умови встановлення ВДЕ для ОСББ, неврегульованість багатьох питань, що стосуються діяльності таких кооперативів, відсутність альтернативи продажу електроенергії, відсутність прозорості ОСР. З приводу першого бар’єру, то сьогодні ОСББ є некомерційними організаціями, отже прибутку від продажу залишків виробленої електроенергії вони отримувати не можуть, єдина можлива мета – це економія коштів на закупівлю електричної енергії з загальної електромережі. Також, сьогодні відмічається досить складні процедури на виділення коштів на обслуговування установок ВДЕ, а також на списання застарілого обладнання. Експерти зазначають, що існуючі кооперативи ще на етапі формування дозвільної документації мали суттєві проблеми з ОСР, зокрема, відмічалось висування умов з боку ОСР, які фактично неможливо виконати [25].

Отже, питання функціонування енергетичних кооперативів сьогодні в українському законодавстві передбачено у досить обмеженому вигляді. Звісно, наявні положення можуть слугувати певною базою для розгортання на їхній основі моделі управління РС, проте законодавча база потребує доопрацювання.

Що стосується моделі FMM, то з огляду на схожість європейської нормативно-правової бази з українською її функціонування також доцільно розглядати, як один з варіантів або МСР або енергетичного кооперативу. Залежно від того, хто є власником такої мікромережі, вибирається ключовий напрям і подальше функціонування такої моделі. Відсутність її реального втілення не лише на українському ринку, а й на європейському свідчить про її низьку популярність перш за все через жорстке регулювання енергетичного ринку.

Виходячи з проведеного дослідження слід зазначити, що чинна українська нормативно-правова база регламентує діяльність трьох класів мікромереж (МСР, енергетичний кооператив, активний споживач), проте це не є всіма можливими випадками microgrid, що стримує їхній розвиток. Наявне законодавства щодо цих класів може слугувати правовою базою для функціонування моделей управління мікромережами (DSOMM, РС, FMM). Проте існують такі прогалини, як:

- електричні мережі МСР має бути розташовано на території об’єктів та/або земельних ділянок, на яких розташовано електроустановки користувачів МСР;
- учасниками енергетичного кооперативу не можуть бути органи місцевого самоврядування (у разі передбачення отримання кооперативом прибутку) та органи державної влади;
- суттєві обмеження генерувальних потужностей для енергетичних кооперативів;
- складнощі у приєднанні через слабе регулювання ОСР, тощо.

Отже, враховуючи вищесказане, виникає необхідність подальших досліджень, що полягають у виокремленні інших можливих випадків мікромереж, їхнього законодавчого регулювання, а також вдосконалення української нормативно-правової бази щодо випадків microgrid на основі яких можна розглядати функціонування моделей управління мікромережами.

Висновки.

Перспектива розбудови ОЕС України полягає в імплементації концепції активних мереж розподілу, що об’єднують збалансовані microgrids (мікромережі), зокрема, на базі ВДЕ. Разом з тим, продуктивне застосування мікромереж має базуватися на усталеній термінології і класифікації microgrids та вимагає належного нормативно-правового забезпечення. Проведені дослідження доводять, що чинна законодавча та регуляторна база містить численні прогалини, зокрема, щодо визначення поняття “microgrid”, і не охоплює усіх класів мікромереж та моделей управління ними, що стримує їхній розвиток в Україні. З іншого боку, чинні законодавчі та регуляторні обмеження щодо створення та застосування мікромереж часто-густо не враховуються або не повною мірою враховуються в наукових дослідженнях таких структур. Це вимагає проведення подальших досліджень з метою вдосконалення нормативно-правового забезпечення застосування і розвитку мікромереж в Україні на основі їхньої усталеної класифікації та передових моделей управління.

Список використаної літератури

1. Smart Grid Coordination Group. Smart Grid Reference Architecture; CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group: Brussels, Belgium, 2012. URL: https://www.cenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Grids/reference_architecture_smartgrids.pdf (дата звернення: 23.04.2024).
2. S. Chowdhury, S.P. Chowdhury and P. Crossley (2009) Microgrids and Active Distribution Networks. URL: <http://www.farzadrazavi.com/files/Courses/microgrid/902/bookiee.pdf> (дата звернення: 23.04.2024).
3. DOE Microgrid Workshop Report by Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, Smart Grid R&D Program // Energy.gov. URL: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/Microgrid%20Workshop%20Report%20August%202011.pdf> (дата звернення: 23.04.2024)
4. Nikos Hatziargyriou, Microgrids: Architectures and Control, (Editor), ISBN: 978-1-118-72068-4, Mar 2014, Wiley-IEEE Press. URL: https://web.nit.ac.ir/~shahabi.m/M.Sc%20and%20PhD%20materials/DGs%20and%20MicroGrids%20Course/Books/Microgrids-Architectures%20and%20Control%20by%20Nikos%20Hatziargyriou/Microgrids_%20Architectures%20and%20Control-Wiley-IEEE%20Press%202014_by%20Nikos%20Hatziargyriou.pdf (дата звернення: 23.04.2024)
5. Red Hook Community MicroGrid // Nyc.gov. URL: <https://www.nyc.gov/site/brooklynbc6/about/special-projects/red-hook-community-microgrid.page> (дата звернення: 23.04.2024)
6. Mauger, R., & Roggenkamp, M. (2021). Deliverable D7.3 – Developing Microgrids in the EU: A deliverable for the SMILE (Smart Island Energy Systems) H2020 project. URL: https://h2020smile.eu/wp-content/uploads/2021/12/D7.3_SMILE_final_rev0.pdf (дата звернення: 01.05.2024)
7. International Electrotechnical Vocabulary by International Electrotechnical Commission, IEC ref 617-04-22 // Electropedia. URL: <https://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=617-04-22> (дата звернення: 23.04.2024)
8. Siad, Sabah. DC MicroGrids Control for renewable energy integration, 2019. URL: <https://hal.science/tel-02173724/> (дата звернення: 23.04.2024)
9. N. Y. STATE ENERGY RES. & DEV. AUTH., Microgrids: an assessment of the value, opportunities and barriers to development in New York state a-32 (2010). URL: https://www.academia.edu/2587581/Microgrids_An_Assessment_of_the_Value_Opportunities_and_Barriers_to_Deployment_in_New_York_State (дата звернення: 01.05.2024)
10. Microgrids Map of the EU // Microgrids-research: веб-сайт. URL: <https://www.microgrids-research.eu/mapping-microgrids> (дата звернення: 01.05.2024)
11. Flaticon // Flaticon. URL: <https://www.flaticon.com/ru/> (дата звернення: 02.05.2024)
12. Про спільні правила внутрішнього ринку електроенергії та внесення змін до Директиви 2012/27/ЄС: Директива Європейського парламенту і Ради (ЄС) 2019/944 від 05 черв. 2019 р. URL: <https://energysecurityua.org/ua/briify/dyrektyva-yes-2019-944-yevropeyskoho-parlamentu-i-rady-vid-05-cheravnia-2019-roku/> (дата звернення: 25.04.2024)
13. Про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел: Директива Європейського парламенту і Ради (ЄС) 2018/2001 від 11 груд. 2018 р. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/direktiva-evropeyskogo-parlamentu-i-radi-es-2018-2001.pdf> (дата звернення: 25.04.2024)
14. Behrendt, J. (2021). Small Systems: Big Impacts - Examining the Concept of Microgrids from an EU Law Perspective. European Energy and Environmental Law Review, 30(3), 74-84. URL: <https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/196492283/EELR2021008.pdf> (дата звернення: 25.04.2024)
15. Через великі борги в енергетиці інвестори не придуть в галузь для будівництва нових потужностей – експерт // Glavcom. URL: <https://glavcom.ua/economics/finances/cherez-veliki-borhi-v-enerhetitsi-investori-ne-prijdut-v-haluz-dlja-budivnitstva-novikh-potuzhnostej-ekspert-984576.html> (дата звернення: 24.04.2024)
16. Про затвердження Кодексу системи розподілу: Постанова НКРЕКП № 310 від 14.03.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text> (дата звернення: 24.04.2024)
17. Про ринок електричної енергії: Закон України від 13 квіт. 2017 р. № 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (дата звернення: 24.04.2024)
18. Про альтернативні джерела енергії: Закон України від 20 лют. 2002 р. № 555. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (дата звернення: 24.04.2024)
19. НКРЕКП ліцензуватиме діяльність малих систем розподілу електрики // Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3769767-nkrekp-licenzuvatime-dialnist-malih-sistem-rozpodilu-elektriki.html> (дата звернення: 24.04.2024)

20. Про кооперацію: Закон України від 10 лип. 2003 №1087. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1087-15#Text> (дата звернення: 03.05.2024)
21. Про споживчу кооперацію: Закон України від 10 квіт. 1992 №2265. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2265-12#Text> (дата звернення: 03.05.2024)
22. Цивільний кодекс України : Закон України від 16.01.2003 р. № 435-IV : станом на 27 квіт. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15> (дата звернення: 19.05.2024)
23. Господарський кодекс України : Закон України від 16.01.2003 р. № 436-IV : станом на 08 бер. 2024 р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15> (дата звернення: 19.05.2024)
24. Behrendt, J. (2023). Microgrids and EU law: Three Microgrid models to solve one regulatory puzzle, *Energy Policy*, Elsevier, vol. 177(C). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142152300068X> (дата звернення: 03.05.2024)
25. Експертне фокус-групове дослідження Socio Inform, Фінансові, технічні та законодавчі аспекти створення енергетичних спільнот в Україні. URL: https://citizenenergy.com.ua/sites/default/files/2023-11/zvit_energetichni-spilnoti_11_23.docx.pdf (дата звернення: 04.05.2024)

O. Kotsar¹, Cand. Sc. (Eng.), ORCID 0000-0002-7958-2335

Ye. Kasianenko¹, master student, ORCID 0009-0008-6704-6616

¹**National Technical University of Ukraine “Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute”**

ANALYSIS OF MICROGRID MANAGEMENT MODELS IN THE NATIONAL LEGISLATIVE AND REGULATORY SPACE

The article examines the concept of "microgrid", microgrid models and microgrid classification. According to the results of the elaboration of the regulatory legal acts of EU and Ukraine, definitions and classification features of microgrid are proposed, which allow to identify individual models of microgrids. According to the results of the analysis, gaps in the legislation that restrain the development of microgrids have been identified. References 25. Figures 6.

Key words: *microgrid, microgrid models, microgrid management models, active consumer, prosumer, energy cooperative, MCP, CDS, CEC, DSOMM, PC, FMM.*

References

1. Smart Grid Coordination Group. Smart Grid Reference Architecture; CEN-CENELEC-ETSI Smart Grid Coordination Group: Brussels, Belgium, 2012. URL: https://www.cenelec.eu/media/CEN-CENELEC/AreasOfWork/CEN-CENELEC_Topics/Smart%20Grids%20and%20Meters/Smart%20Grids/reference_architecture_smartgrids.pdf (accessed at 23.04.2024).
2. S. Chowdhury, S.P. Chowdhury and P. Crossley (2009) Microgrids and Active Distribution Networks. URL: <http://www.faradzazavi.com/files/Courses/microgrid/902/bookiee.pdf> (accessed at 23.04.2024).
3. DOE Microgrid Workshop Report by Office of Electricity Delivery and Energy Reliability, Smart Grid R&D Program // Energy.gov. URL: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/Microgrid%20Workshop%20Report%20August%202011.pdf> (accessed at 04.23.2024)
4. Nikos Hatziargyriou, Microgrids: Architectures and Control, (Editor), ISBN: 978-1-118-72068-4, Mar 2014, Wiley-IEEE Press. URL: https://web.nit.ac.ir/~shahabi.m/M.Sc%20and%20PhD%20materials/DGs%20and%20MicroGrids%20Course/Books/Microgrids-Architectures%20and%20Control%20by%20Nikos%20Hatziargyriou/Microgrids_%20Architectures%20and%20Control-Wiley-IEEE%20Press%202014_by%20Nikos%20Hatziargyriou.pdf (accessed at 04.23.2024)
5. Red Hook Community MicroGrid // Nyc.gov. URL: <https://www.nyc.gov/site/brooklynbc6/about/special-projects/red-hook-community-microgrid.page> (accessed at 04.23.2024)
6. Mauger, R., & Roggenkamp, M. (2021). Deliverable D7.3 – Developing Microgrids in the EU: A deliverable for the SMILE (Smart Island Energy Systems) H2020 project. URL: https://h2020smile.eu/wp-content/uploads/2021/12/D7.3_SMILE_final_rev0.pdf (accessed at 05.01.2024)
7. International Electrotechnical Vocabulary by International Electrotechnical Commission, IEV ref 617-04-22 // Electropedia. URL: <https://www.electropedia.org/iev/iev.nsf/display?openform&ievref=617-04-22> (accessed at 04.23.2024)

- 8.Siad, Sabah. DC MicroGrids Control for renewable energy integration, 2019. URL: <https://hal.science/tel-02173724/> (accessed at 04.23.2024)
- 9.N.Y. STATE ENERGY RES. & DEV. AUTH., Microgrids: an assessment of the value, opportunities and barriers to development in New York state a-32 (2010). URL: https://www.academia.edu/2587581/Microgrids_An_Assessment_of_the_Value_Opportunities_and_Barriers_to_Deployment_in_New_York_State (accessed at 05.01.2024)
- 10.Microgrids Map of the EU // Microgrids-research: website. URL: <https://www.microgrids-research.eu/mapping-microgrids> (accessed at 05.01.2024)
- 11.Flaticon // Flaticon. URL: <https://www.flaticon.com/ru/> (accessed at 05.02.2024)
- 12.On common rules of the internal electricity market and amendments to Directive 2012/27/EU: Directive of the European Parliament and of the Council (EU) 2019/944 of June 5. 2019 URL: <https://energysecurityua.org/ua/brify/dyrektyva-yes-2019-944-yevropeykoho-parlamentu-i-rady-vid-05-chervnia-2019-roku/> (accessed at 04.25.2024)
- 13.On encouraging the use of energy from renewable sources: Directive of the European Parliament and the Council (EC) 2018/2001 of December 11. 2018 URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/55-GOEEI/direktiva-evropeyskogo-parlamentu-i-radi-es-2018-2001.pdf> (accessed at 04.25.2024)
- 14.Behrendt, J. (2021). Small Systems: Big Impacts – Examining the Concept of Microgrids from an EU Law Perspective. *European Energy and Environmental Law Review*, 30(3), 74-84. URL: <https://pure.rug.nl/ws/portalfiles/portal/196492283/EELR2021008.pdf> (accessed at 04.25.2024)
- 15.Due to large debts in the energy sector, investors will not come to the industry to build new capacities - an expert // Glavcom. URL: <https://glavcom.ua/economics/finances/cherez-veliki-borhi-v-enerhetitsi-investori-ne-prijdut-v-haluz-dlja-budivnitstva-novikh-potuzhnostej-ekspert-984576.html> (accessed at 04.24.2024)
- 16.On the approval of the Distribution System Code: Resolution of the NEURC No. 310 of 03/14/2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18#Text> (accessed at 04.24.2024). (Ukr)
- 17.On the electric energy market: Law of Ukraine dated April 13 2017 No. 2019. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19#Text> (accessed at 04.24.2024). (Ukr)
- 18.On alternative energy sources: Law of Ukraine dated February 20 No. 555 of 2002. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-15#Text> (accessed at 04.24.2024). (Ukr)
- 19.NERCEP will license the activity of small electricity distribution systems // Ukrinform. URL: <https://www.ukrinform.ua/rubric-economy/3769767-nkrekp-licenzuvatime-dialnist-malih-sistem-rozpodilu-elektriki.html> (accessed at 04.24.2024)
- 20.On cooperation: Law of Ukraine dated July 10 2003 #1087. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1087-15#Text> (accessed at 05.03.2024). (Ukr)
- 21.On consumer cooperation: Law of Ukraine dated April 10 1992 #2265. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2265-12#Text> (accessed at 05.03.2024). (Ukr)
- 22.Civil Code of Ukraine: Law of Ukraine dated January 16, 2003 No. 435-IV: as of April 27 2024 URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/435-15> (accessed at 05.19.2024). (Ukr)
- 23.Economic Code of Ukraine: Law of Ukraine dated January 16, 2003 No. 436-IV: as of March 8 2024. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/436-15> (accessed at 05.19.2024). (Ukr)
- 24.Behrendt, J. (2023). Microgrids and EU law: Three Microgrid models to solve one regulatory puzzle, *Energy Policy*, Elsevier, vol. 177(C). URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142152300068X> (accessed at 05.03.2024)
- 25.Socio Inform expert focus group study, Financial, technical and legislative aspects of creating energy communities in Ukraine. URL: https://citizenenergy.com.ua/sites/default/files/2023-11/zvit_energetichni-spilnoti_11_23.docx.pdf (accessed at 05.04.2024)

Надійшла: 20.05.2024
Received: 20.05.2024