

Команда підтримки відновлення і реформ
при Міністерстві енергетики України

Аналіз впровадження мікромереж в Україні

Аналітична робота
Київ, жовтень 2025



КОМАНДА ПІДТРИМКИ РЕФОРМ

Цей матеріал був підготовлений експертами Команди підтримки відновлення та реформ (RST) при Міністерстві енергетики України (Міненерго).

RST при Міненерго – це група українських фахівців (недержавних службовців), яка тимчасово фінансується в рамках програми «Архітектура реформ України» (URA) і надає цільову технічну підтримку та допомагає міністерству в розробці та впровадженні пріоритетних реформ.

RST при Міненерго була запущена в 2021 році для надання допомоги Міненерго у впровадженні пріоритетних реформ у таких сферах: комплексний підхід до формування енергетичної політики, забезпечення

ефективного функціонування енергетичних ринків, реформа вугільної промисловості, підвищення енергоефективності, реалізація Національного плану скорочення викидів, реформа державного управління та нарощування потенціалу.

З лютого 2022 року RST також допомагає Міненерго забезпечити стабільність енергетичної системи в умовах значних збитків, завданих її критичній інфраструктурі внаслідок триваючої війни в Україні. Команда надає координаційну, аналітичну та експертну підтримку Міненерго в таких сферах, як оцінка збитків, відновлення критичної інфраструктури, формування планів відновлення енергетичного сектору та співпраця з міжнародними партнерами.

© Червень 2024 року, Міністерство енергетики України (Міненерго), Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Громадська організація «Фонд архітектури реформ України (Фонд URA)» (Фонд URA), Група підтримки відновлення та реформ (RST).

Застереження

Висновки, інтерпретації та висновки, викладені в цій роботі, не обов'язково відображають точку зору ЄБРР, його Ради виконавчих директорів або урядів, які вони представляють, або точку зору УРАФ, Міненерго або RST. Міненерго, ЄБРР, URAF та RST не гарантують точності, повноти або актуальності даних, включених до цієї роботи, і не несуть відповідальності за будь-які помилки, пропуски або розбіжності в інформації, а також не несуть відповідальності за використання або невикористання інформації, методів, процесів або висновків, викладених у цій роботі. Межі, кольори, назви та інша інформація, показані на будь-якій карті в цій роботі, не означають будь-якого судження з боку Міненерго, ЄБРР, URAF та RST щодо правового статусу

будь-якої території або схвалення чи визнання таких кордонів. Ніщо в цьому документі не може бути витлумачено або розглядатися як обмеження або відмова від привілеїв та імунітетів Міненерго, ЄБРР, URAF, RST, для яких ці привілеї та імунітети спеціально збережені.

Права та дозволи

Матеріали, що містяться в цій роботі, захищені авторським правом. Оскільки Міненерго, ЄБРР, URAF або RST заохочують поширення своїх знань, ця робота може бути відтворена, повністю або частково, в некомерційних цілях за умови повного зазначення авторства цієї роботи. Будь-які запитання щодо прав та ліцензій, включаючи супутні права, слід надсилати до RST.

Передня та задня обкладинки: стокові зображення Microsoft Office 365.

АНОТАЦІЯ

Цей аналіз складається з:

70

Сторінок

4

Таблиць

5

Рисунків

20

Джерел інформації

Предмет дослідження:

Впровадження концепції мікромереж в Україні.

Мета дослідження:

Оцінка ефективності впровадження мікромереж.

Результати дослідження:

У цій аналітичній роботі мікромережі виділяються як ключове рішення енергетичних проблем України. Основні результати включають:

1. Економічна доцільність та переваги: мікромережі підвищують енергетичну незалежність, стійкість та надійність, зменшуючи залежність від імпортного палива та забезпечуючи електропостачання під час відключень, особливо в зонах конфлікту.
2. Приклади з практики: сонячні мікромережі забезпечили електроенергією домогосподарств, створили робочі місця та зменшили викиди та витрати на енергію в міських умовах до 30%.
3. Виклики: Високі витрати, застаріла інфраструктура, низька обізнаність населення та регуляторні перешкоди гальмують впровадження.
4. Підтримка та перспективи: Політика, така як зелені тарифи та міжнародні партнерства, сприяє прогресу. Прогрес у сфері розумних мереж, Інтернету речей та зберігання енергії обіцяє більшу ефективність.
5. Вплив: Мікромережі знижують емісію вуглецю, підтримують біорізноманіття та забезпечують довгострокову економію (до 30% протягом 20 років).
6. Рекомендації: Посилити політику, залучити громади, інвестувати, розширити навчання та реалізувати пілотні проекти для масштабування впровадження мікромереж.

МІКРОМЕРЕЖІ, РОЗУМНІ МЕРЕЖІ, ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ЕНЕРГЕТИЧНА МЕРЕЖА, ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ, РОЗПОДІЛЕНІ ЕНЕРГЕТИЧНІ РЕСУРСИ, РОЗПОДІЛЕНА ГЕНЕРАЦІЯ, ПЕРЕХІД НА ЧИСТУ ЕНЕРГІЮ, УСТАНОВКА ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ, АВТОМАТИЗАЦІЯ, ПІЛОТНИЙ ПРОЄКТ.

ЗМІСТ

Команда підтримки реформ.....	2
Анотація.....	4
Скорочення та аббревіатури.....	9
Анотація.....	11
Вступ	12
1 Огляд енергетичного ландшафту України.....	14
2 Історія та розвиток мікромереж в Україні.....	15
3 Переваги мікромереж для України	16
4 Технології мікромереж	17
4.1 Сонячні панелі	17
4.2 Вітрові турбіни	18
4.3 Когенераційні установки (тепло + електроенергія)	18
4.4 Установки зберігання електроенергії	18
5 Політика та нормативно-правова база	20
6 Ключові зацікавлені сторони у розвитку мікромереж в Україні	21
6.1 Державні органи влади	21
6.2 Суб'єкти приватного сектору	21
6.3 Неурядові організації	22
6.4 Міжнародні партнери	22
7 Приклади успішного впровадження мікромереж	23
7.1 Сонячна мікромережа у Долині	23
7.2 Пілотний проект Тернопільський енергоострів мікромережа.....	23
7.3 Проект київської розумної мікромережі	24
8 Виклики, з якими стикається впровадження мікромереж.....	26
8.1 Фінансові обмеження та наслідки війни	26
8.2 Технологічні обмеження	27
8.3 Інформування громадськості	27
8.4 Зміна фокусу	28
8.5 Адміністративні перешкоди	29
9 Майбутні перспективи мікромереж в Україні	30
9.1 Удосконалення технології мікромереж	30
9.2 Інвестиційні можливості	30
9.3 Зміни в політиці	30
10 Порівняння з глобальними тенденціями у сфері мікромереж	31

11	Залучення та схвалення громадами	33
12	Економічний аналіз мікромереж в Україні	34
12.1	Первинні інвестиції	34
12.2	Довгострокові заощадження	34
12.3	Відображення даних	34
13	Вплив мікромереж на навколишнє середовище	35
13.1	Скорочення викидів парникових газів	35
13.2	Питання біорізноманіття	35
13.3	Вплив землекористування на українські екосистеми	36
14	Технічні вимоги та проектні рішення	37
14.1	Аналіз навантажень	37
14.2	Підключення до мережі	37
14.3	Безпекові стандарти	37
14.4	Схеми та засоби візуалізації	37
15	Моделі фінансування та інвестування для мікромереж	39
15.1	Державно-приватне партнерство (ДПП)	39
15.2	Краудфандинг	39
15.3	Можливості міжнародного фінансування	39
15.4	Висновок	39
16	Експлуатація та технічне обслуговування мікромереж	40
16.1	Найкращі практики експлуатації та технічного обслуговування мікромереж	40
16.2	Кваліфікація та навчання персоналу	40
17	Інтеграція з національною об'єднаною енергосистемою	42
17.1	Технічні вимоги	42
17.2	Регуляторні фактори	42
17.3	Вплив на стабільність системи	42
18	Технологічні інновації, що стимулюють розвиток мікромереж	43
18.1	Розумні мережі	43
18.2	Програмне забезпечення для моделювання мереж	43
18.3	Інтеграція IoT	44
18.4	Застосування штучного інтелекту	44
19	Роль відновлюваних джерел енергії у мікромережах	46
19.1	Сонячна енергія	46
19.2	Енергія вітру	46
19.3	Біомаса	46
19.4	Гідроелектроенергія	46

19.5	Поточний стан в Україні	47
20	Управління даними та кібербезпека у мікромережах.....	48
21	Географічні виклики для впровадження мікромереж.....	49
21.1	Кліматичні зміни.....	49
21.2	Топографічні фактори	49
21.3	Інфраструктурні обмеження.....	50
21.4	Регіональні аспекти	50
22	Взаємодія та співробітництво між стейкхолдерами	51
22.1	Крос-секторальне партнерство	51
22.2	Спільна розробка	51
22.3	Висновок	52
23	Методи моніторингу та оцінювання	53
23.1	Показники успішності	53
23.2	Механізми збору та обробки зворотного зв'язку для безперервного вдосконалення.....	53
24	Інформаційні кампанії з підвищення інформованості громадськості	55
24.1	Освітні семінари та громадські заходи	55
24.2	Соціальні мережі та діджитал-кампанії.....	55
24.3	Співпраця з місцевими організаціями	55
24.4	Стимулювання участі.....	55
25	Міжнародне співробітництво та обмін знаннями	57
25.1	Співпраця з іноземними урядами.....	57
25.2	Участь неурядових організацій (НУО)	57
25.3	Програми з передачі знань	57
26	Стійкість до кризових ситуацій завдяки мікромережам	59
27	Стійка інфраструктура та розвиток міст	61
28	Освітні програми та розвиток професійних конференцій	62
28.1	Університетські програми.....	62
28.2	Професійна підготовка та сертифікація	62
28.3	Державно-приватне партнерство	62
28.4	Залучення та інформування громад	64
29	Інтеграція рішень зі зберігання енергії	65
	Висновки та рекомендації	67
	Джерела інформації	68

ПЕРЕЛІК ТАБЛИЦЬ

Таблиця10 .1 - Вплив 10 основних тенденцій у сфері мікромереж	32
Таблиця18 .1 - Застосування програмного забезпечення для моделювання розподільних мереж	44
Таблиця26 .1 - Спектр стійкості енергомережі	59
Таблиця26 .2 - Баланс між вартістю, стійкістю та екологічністю	60
Таблиця28 .1 - Десять принципів успішного державно-приватного партнерства	63
Таблиця29 .1 - Послуги і вигоди систем зберігання енергії	65

ПЕРЕЛІК РИСУНКІВ

Рисунок4 .1 - Схема типової мікромережі	17
Рисунок4 .2 - Типова BESS	19
Рисунок6 .1 - Топологія мікромережі та ключові стейкхолдери	21
Рисунок8 .1 - Наслідки атак на електричні розподільні мережі	26
Рисунок8 .2 - Приклад розкладу погодинних відключень	27
Рисунок8 .3 - Повідомлення про застосування погодинного графіка відключень електроенергії	27
Рисунок8 .4 - Розподіл ВПО за регіонами, згідно з Доповіддю про внутрішнє переміщення в Україні-R1, підготовленою МОМ ООН з питань міграції.....	28
Рисунок10 .1 - 10 головних тенденцій у сфері мікромереж	31
Рисунок13 .1 - Вплив мікромереж на навколишнє середовище	35
Рисунок18 .1 - Система управління мікромережею на основі штучного інтелекту	45
Рисунок21 .1 - Кліматична мапа України	49
Рисунок23 .1 - Модель вдосконалення процесів	54
Рисунок28 .1 - Взаємодія в рамках державно-приватного партнерства	63

СКОРОЧЕННЯ ТА АБРЕВІАТУРИ

ADMS	Просунута система управління розподілом
AMI	Розширена інфраструктура обліку
ASCEM	Автоматизована система контролю та обліку електроенергії
ASSC	Адміністрація Державної служби спеціального зв'язку та захисту інформації України
BESS	Акумуляторна система зберігання енергії
ТЕЦ	Теплоелектроцентрально
Концепція	Концепція впровадження інтелектуальних енергосистем в Україні до 2035 року, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 14 жовтня 2022 року № 908-п. [1]
DER	Розподілені енергетичні ресурси
DERMS	Система управління розподіленими енергоресурсами
DLR	Динамічна оцінка лінії
DMS	Система управління розподілом
DSDP	План розвитку розподільної системи
DSO	Оператор системи розподілу
E.DSO	Європейські оператори розподільних мереж
ESO	Оператор систем зберігання енергії
ESoU, Стратегія	Енергетична стратегія України на період до 2050 року, затверджена Постановою Кабінету Міністрів України від 21 квітня 2023 року № 373-п. [2]
FACTS	Гнучка система передачі змінного струму
ІоЕД	Інститут електродинаміки Національної академії наук України
АТ	Акціонерне товариство
ХАЕС	Хмельницька атомна електростанція
MDMS	Система управління збором та обробкою вимірювальних даних
Мінцифри	Міністерство цифрової трансформації України
МОН	Міністерство освіти і науки України
Мінекономіки	Міністерство економіки України
Міненерго	Міністерство енергетики України
Мінфін	Міністерство фінансів України

Мінінфра	Міністерство розвитку громад, територій та інфраструктури України
Мін'юст	Міністерство юстиції України
НКРЗ	Національна комісія з державного регулювання у сфері електронних комунікацій, радіочастотного спектру та поштових послуг
НКРЕКП	Національна комісія з регулювання енергетики та комунальних послуг України
НАЕК	Національна атомна енергетична компанія
НЕК	Національна енергетична компанія
АЕС	Атомна електростанція
ОНЛ	Повітряна лінія електропередачі
OMS	Система управління відключеннями
ПАТ	Публічна акціонерна компанія
ВДЕ	Відновлювані джерела енергії
РНП	Рівненська атомна електростанція
SCADA	Система диспетчерського контролю та збору даних
ССС	Державна служба статистики України
ПРСП	План розвитку системи передачі
ОСП	Оператор системи передачі
ВЕС	Віртуальна електростанція

АНОТАЦІЯ

Мікромережі, локалізовані енергетичні системи, що інтегрують відновлювані джерела, такі як сонячна, вітрова енергія та системи зберігання енергії, пропонують проривне рішення для енергетичних викликів України. Серед геополітичної напруженості та історичної залежності від імпортованих викопних палив, мікромережі підвищують енергетичну незалежність, сталість та стійкість. Вони можуть працювати автономно або синхронно з об'єднаною енергосистемою, забезпечуючи надійне електропостачання під час відключень, що особливо важливо в районах, уражених конфліктом. Успішні проекти демонструють їхню здатність забезпечувати енергетичну рівність, зменшувати викиди вуглецю та стимулювати економічний розвиток на місцевому рівні.

Енергетичний ландшафт України еволюціонує, з урядовими реформами, що сприяють відновлюваним джерелам, попри обмеження інфраструктури та фінансові обмеження. Політична основа, що включає тарифи на зелену енергію та директиви, узгоджені з ЄС, підтримує впровадження мікромереж, хоча виклики, такі як брак фінансування, технологічні прогалини та недостатня громадська обізнаність, зберігаються. Зацікавлені сторони — уряд, приватний сектор, НГО та міжнародні партнери — відіграють ключові ролі в просуванні розгортання мікромереж через співпрацю та інновації.

Дивлячись у майбутнє, досягнення в розумних мережах, IoT та зберіганні енергії стимулюватимуть ефективність мікромереж. Рекомендації включають посилення регуляторної підтримки, залучення громад, інвестицій та розширення освітніх програм для створення кваліфікованої робочої сили. Україна може використати мікромережі для створення стійкого, сталого енергетичного майбутнього, зменшуючи залежність від зовнішніх джерел енергії та сприяючи рівноправному розвитку.

ВСТУП

Що таке мікромережа?

Мікромережі — це локальні енергетичні системи, здатні працювати незалежно або синхронно зоб'єднаною енергосистемою. Вони складаються з розподілених енергетичних ресурсів (DER), таких як сонячні панелі, вітрові турбіни, системи зберігання енергії та комбіновані теплоелектростанції (CHP). Основною метою мікромережі є забезпечення надійного та ефективного енергопостачання, адаптованого до місцевих потреб, при одночасному підвищенні загальної стійкості енергетичної системи.

Чому мікромережі настільки важливі?

Мікромережі важливі, оскільки вони підвищують надійність, стійкість та стабільність енергопостачання. Вони можуть працювати автономно під час відключень електроенергії, забезпечуючи електропостачання критично важливих об'єктів, таких як лікарні або населені пункти. Завдяки інтеграції відновлюваних джерел енергії мікромережі зменшують викиди вуглецю та залежність від викопного палива. Вони також знижують витрати на енергію за рахунок ефективного місцевого виробництва та зберігання, особливо у віддалених або недостатньо забезпечених районах. Крім того, мікромережі підтримують стабільність енергосистеми, збалансовуючи місцевий попит і пропозицію, зменшуючи навантаження на основну енергосистему та даючи громадам можливість адаптувати енергетичні рішення до своїх конкретних потреб.

Куди нам варто прямувати?

Мікромережі повинні інтегрувати відновлювані джерела енергії, інтелектуальні системи управління на основі штучного інтелекту та модульну конструкцію для підвищення стійкості, екологічності та масштабованості, при цьому пріоритетними мають бути кібербезпека, рівний доступ та безперервна взаємодія з енергомережею. Подолання високих витрат та регуляторних бар'єрів за допомогою досліджень і розробок та політичних стимулів має вирішальне значення для широкого впровадження мікромереж у районах, схильних до стихійних лих та недостатньо забезпечених енергією.

Ключовими характеристиками мікромереж є їх здатність до автономної роботи, контроль над місцевим виробництвом та споживанням енергії, а також інтеграція відновлюваних джерел енергії. Мікромережі можуть функціонувати в режимі підключення до мережі, де вони взаємодіють з більшою електромережею, або в режимі острова, де вони працюють незалежно під час відключень мережі або надзвичайних ситуацій. Ця гнучкість має вирішальне значення для підвищення енергетичної стійкості, особливо в регіонах, схильних до стихійних лих або інфраструктурних вразливостей.

Значення мікромереж у сучасних енергетичних системах неможливо переоцінити. У міру того, як глобальний енергетичний ландшафт зміщується в бік декарбонізації, мікромережі пропонують шлях для інтеграції відновлюваних джерел енергії в мережу, зменшення викидів парникових газів та залежності від викопного палива. Вони також підтримують децентралізоване виробництво енергії, що може призвести до підвищення енергетичної справедливості та доступу до енергії в недостатньо забезпечених громадах.

Крім того, мікромережі підвищують енергетичну стійкість, забезпечуючи резервне живлення під час відключень, зменшуючи ризик відключень електроенергії та покращуючи час реагування на перебої в енергопостачанні. Вони можуть бути особливо корисними в таких критично важливих секторах, як охорона здоров'я, аварійні служби та телекомунікації, де безперебійне енергопостачання є надзвичайно важливим. У зв'язку з посиленням викликів, пов'язаних зі зміною клімату та енергетичною безпекою, впровадження мікромереж є перспективним рішенням для побудови більш сталого та стійкого енергетичного майбутнього.

1 ОГЛЯД ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЛАНДШАФТУ УКРАЇНИ

Енергетичний ландшафт України характеризується складною взаємодією джерел виробництва, моделей споживання та значним геополітичним впливом. Історично країна значною мірою залежала від викопних видів палива, зокрема природного газу, значна частина якого імпортувалася з Росії. Ця залежність викликала серйозну стурбованість щодо енергетичної безпеки, особливо з огляду на триваючі геополітичні напруження та конфлікти, які вплинули на маршрути постачання енергоносіїв та стабільність.

В останні роки Україна досягла значного прогресу в диверсифікації свого енергетичного портфеля. Уряд ініціював реформи, спрямовані на збільшення частки відновлюваних джерел енергії в національному енергетичному балансі, включаючи вітрову, сонячну енергію та біомасу. Ці зусилля є частиною більш широкої стратегії зменшення залежності від імпортованих викопних палив та підвищення енергетичної незалежності. Проте перехід на відновлювані джерела енергії стикається з низкою викликів, включаючи обмеження інфраструктури, фінансові перешкоди та невизначеність у регуляторній сфері.

Споживання енергії в Україні залишається високим, особливо в житловому та промисловому секторах. Застаріла енергетична інфраструктура країни в поєднанні з неефективним використанням енергії посилює виклики, що стоять перед забезпеченням стабільного енергопостачання. Конфлікт з Росією ще більше ускладнив ситуацію, призвівши до перебоїв в енергопостачанні та підвищивши вразливість до зовнішніх шоків.

Останні геополітичні події змусили переглянути енергетичну політику України. Потреба в енергетичній безпеці стала надзвичайно важливою, що спонукало уряд шукати альтернативних енергетичних партнерів та вивчати можливості імпорту енергії з Європи. Для зміцнення енергетичної безпеки також розглядаються такі ініціативи, як підвищення енергоефективності та розвиток внутрішніх енергетичних ресурсів, включаючи сланцевий газ.

Підсумовуючи, можна сказати, що хоча Україна активно прагне до більш диверсифікованого та стійкого енергетичного ландшафту, цей шлях сповнений викликів, що впливають з історичної залежності, інфраструктурних обмежень та загального впливу геополітичних факторів.

2 ІСТОРІЯ ТА РОЗВИТОК МІКРОМЕРЕЖ В УКРАЇНІ

Еволюція технології мікромереж в Україні була сформована поєднанням історичних проектів, урядових ініціатив та нагальної потреби в енергетичній безпеці та стійкості. Перші спроби впровадження систем мікромереж в Україні можна простежити ще з часів Чорнобильської катастрофи, коли були досліджені локальні енергетичні рішення для підвищення енергетичної незалежності та зменшення залежності від централізованих джерел енергії.

У 1990-х роках, коли Україна переходила від енергетичної системи радянської епохи, необхідність модернізації та диверсифікації стала очевидною. Перші проекти мікромереж були зосереджені на інтеграції відновлюваних джерел енергії, особливо в сільських районах, де доступ до національної енергомережі був обмеженим. Ці ранні впровадження заклали основу для майбутнього розвитку технології мікромереж.

Поворотним моментом для розвитку мікромереж стали 2010-ті роки, коли Україна зіткнулася з посиленням енергетичних викликів через геополітичну напруженість та бажання зменшити свою залежність від імпорту викопного палива. Уряд визнав потенціал мікромереж у наданні локалізованих, надійних енергетичних рішень і почав просувати політику, що підтримувала їх розвиток. Ключові ініціативи включали зміни в законодавстві, спрямовані на заохочення приватних інвестицій у відновлювані джерела енергії, та встановлення зелених тарифів для стимулювання виробництва енергії в малих масштабах.

У цей період з'явилися значні проекти, такі як інтеграція сонячних енергетичних систем у сільських громадах. Ці мікромережі не тільки забезпечили енергетичну незалежність, але й надали можливості місцевим громадам, створивши робочі місця та підвищивши енергетичну справедливість. Крім того, міжнародні партнерства з такими організаціями, як Європейський Союз та різні НУО, відіграли вирішальну роль у фінансуванні та підтримці пілотних проектів мікромереж по всій країні.

В останні роки Україна продовжує надавати пріоритет технології мікромереж в рамках своєї ширшої енергетичної стратегії. Уряд впровадив національну енергетичну стратегію, яка підкреслює важливість децентралізованих енергетичних систем, включаючи мікромережі, для підвищення енергетичної стійкості, безпеки та сталого розвитку. В результаті Україна рухається до більш надійного та адаптивного енергетичного ландшафту, який використовує інноваційні рішення мікромереж для задоволення різноманітних енергетичних потреб населення.

3 ПЕРЕВАГИ МІКРОМЕРЕЖ ДЛЯ УКРАЇНИ

Мікромережі мають безліч переваг, які особливо актуальні для унікальних енергетичних викликів України. Однією з головних переваг є енергетична незалежність. Використовуючи локальні енергетичні ресурси, такі як сонячна та вітрова енергія, громади можуть зменшити свою залежність від імпортованих викопних палив, які історично робили країну вразливою до геополітичних напружень. Ця автономія не тільки підвищує національну безпеку, але й дає місцевому населенню можливість контролювати своє енергетичне майбутнє.

Сталий розвиток є ще однією важливою перевагою впровадження мікромереж в Україні. Перехід на відновлювані джерела енергії відповідає глобальним зусиллям у боротьбі зі зміною клімату. Мікромережі сприяють інтеграції чистої енергії, допомагаючи знизити викиди вуглецю та пом'якшити вплив на навколишнє середовище, пов'язаний із традиційним виробництвом електроенергії на основі викопного палива. Оскільки Україна прагне досягти своїх цілей у сфері відновлюваної енергії, мікромережі можуть відігравати вирішальну роль у досягненні цих цілей.

Надійність під час відключень електроенергії є критично важливим питанням для багатьох регіонів України, особливо тих, що постраждали від триваючого конфлікту. Мікромережі можуть працювати незалежно від основної мережі, забезпечуючи необхідне резервне електропостачання під час перебоїв. Ця здатність є особливо важливою для критичної інфраструктури, такої як лікарні, служби екстреної допомоги та мережі зв'язку, забезпечуючи функціонування основних служб навіть під час криз.

Крім того, мікромережі можуть значно сприяти електрифікації сільських районів. Багато сільських районів України не мають доступу до надійного електропостачання, що гальмує економічний розвиток і погіршує якість життя. Проекти мікромереж можуть забезпечити ці громади необхідною електроенергією, сприяючи місцевому економічному зростанню та підвищенню загальної енергетичної справедливості.

4 ТЕХНОЛОГІЇ МІКРОМЕРЕЖ

Мікромережеві системи використовують різноманітні інноваційні технології, розроблені для підвищення енергетичної стійкості, ефективності та сталого розвитку. Основними компонентами є сонячні панелі, вітрові турбіни, системи комбінованого виробництва тепла та електроенергії (CHP) та сучасні рішення для зберігання енергії в акумуляторах. Кожна з цих технологій відіграє важливу роль у формуванні операційних можливостей мікромереж, особливо в контексті розвитку енергетичного сектору України.

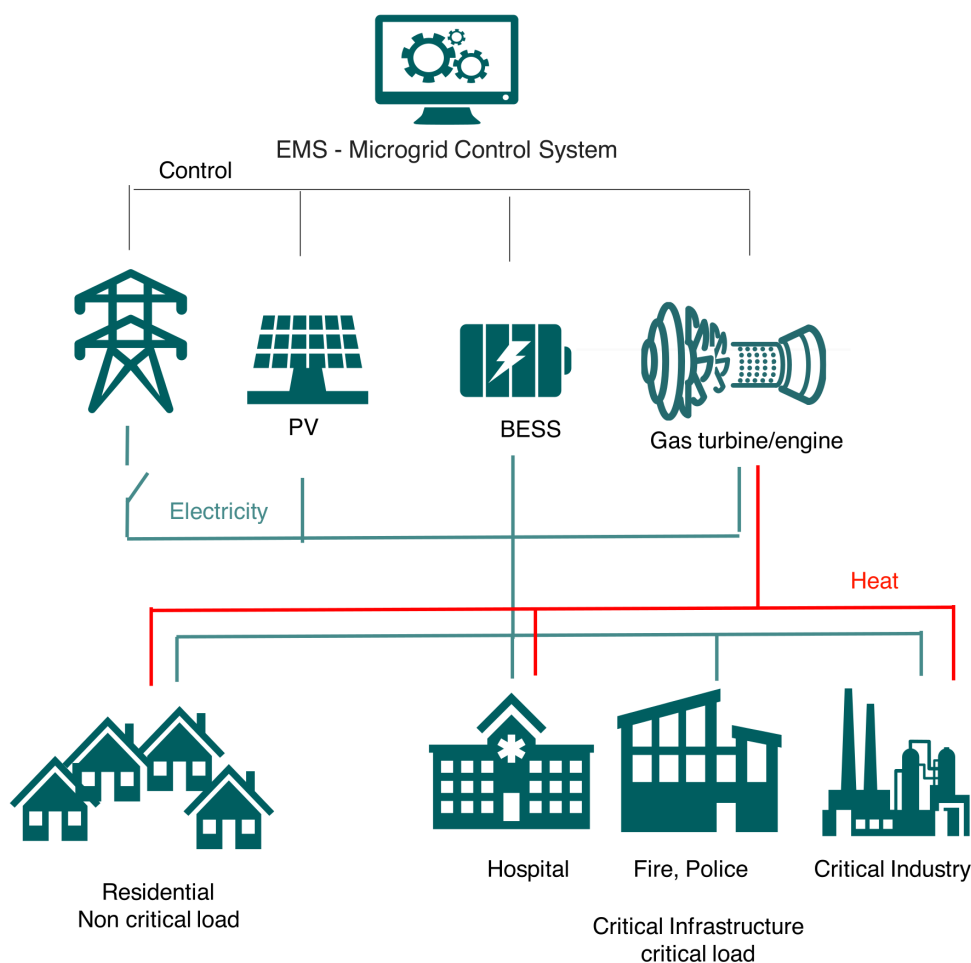


Рисунок 4.1 - Схема типової мікромережі

4.1 Сонячні панелі

Сонячні фотоелектричні (PV) панелі перетворюють сонячне світло в електроенергію, виступаючи важливим компонентом багатьох мікромережевих систем. В Україні середня інсоляція становить приблизно 1200 кВт·год/м² на рік, що робить країну ідеальним місцем для виробництва сонячної енергії. Сучасні сонячні технології, такі як двосторонні панелі та сонячні трекери, підвищують вихід енергії та ефективність. Ці інновації дозволяють мікромережам максимально використовувати сонячний потенціал, особливо в сільських районах, де доступ до електромережі обмежений.

4.2 Вітрові турбіни

Вітроенергетика є ще одним важливим ресурсом для мікромережових систем. Україна має значний потенціал вітроенергетики, особливо в таких регіонах, як Запоріжжя та Миколаїв, де швидкість вітру може перевищувати 7 м/с. Сучасні вітрогенератори, оснащені системою регулювання кута нахилу лопатей та вдосконаленою аеродинамічною конструкцією, підвищують ефективність утилізації енергії та оперативну гнучкість. Інтеграція вітрогенераторів у мікромережі дозволяє збалансувати енергетичний баланс, зменшуючи залежність від будь-якого окремого джерела енергії.

4.3 Когенераційні установки (тепло + електроенергія)

Системи комбінованого виробництва тепла та електроенергії CHP, також відомі як когенерація, використовують одне джерело палива для одночасного виробництва електроенергії та корисного тепла. Ця технологія є особливо вигідною для промислового та житлового застосування. В Україні, де через суворі зими потреби в опаленні можуть бути значними, системи CHP можуть ефективно забезпечувати тепловою енергією, одночасно сприяючи електропостачанню. Інновації в CHP, такі як модульна конструкція та інтеграція відновлюваних видів палива, ще більше розширюють можливості їх застосування в децентралізованих енергетичних системах.

4.4 Установки зберігання електроенергії

Технології зберігання енергії, зокрема акумуляторні системи (BESS), є необхідними для управління переривчастим характером відновлюваних джерел енергії. Літій-іонні акумулятори зазвичай використовуються в мікромережах завдяки їх високій енергетичній щільності та ефективності. В Україні прогрес у технології акумуляторів, включаючи розробку твердотільних акумуляторів та проточних акумуляторів, відкриває шлях до більш довговічних та ефективних рішень для зберігання енергії. Ці інновації дозволяють мікромережам зберігати надлишкову енергію, що генерується під час пікових періодів виробництва, забезпечуючи стабільне енергопостачання в періоди низького виробництва.

Загалом, інтеграція цих технологій у системи мікромереж відкриває для України можливість трансформації, що дозволить підвищити енергетичну незалежність, сприяти сталому розвитку та зміцнити стійкість до зовнішніх потрясінь.

Battery Energy Storage System

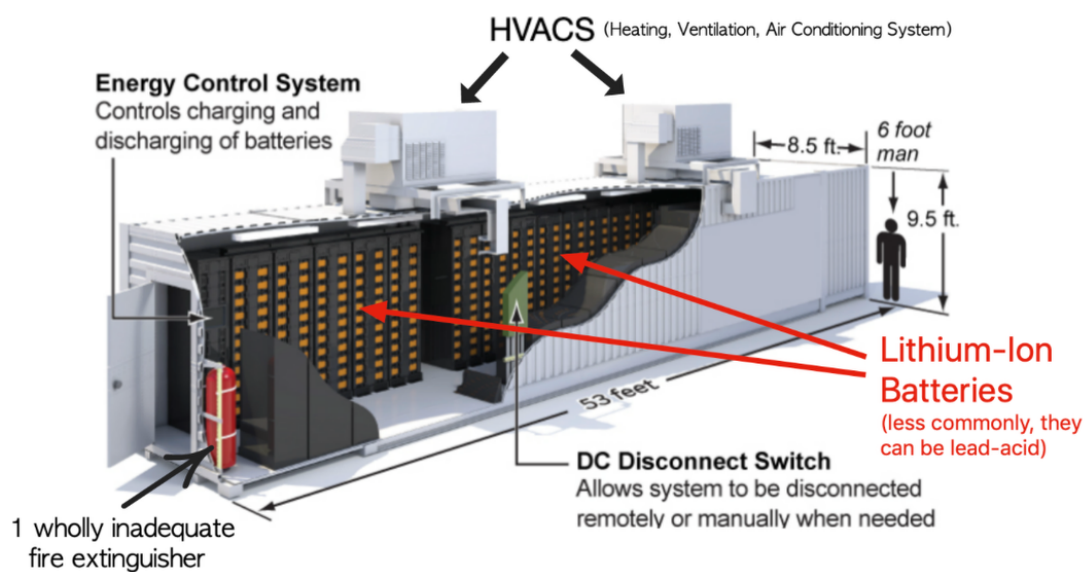


Рисунок4 .2 - Типова BESS

5 ПОЛІТИКА ТА НОРМАТИВНО-ПРАВОВА БАЗА

На впровадження мікромереж в Україні значний вплив має складна політична та нормативно-правова база, спрямована на сприяння розвитку відновлюваних джерел енергії та децентралізованого енерговиробництва. У зв'язку з прагненням країни диверсифікувати джерела енергії та підвищити енергетичну безпеку, було запроваджено низку політик та стимулів для підтримки розвитку технологій мікромереж.

Одним з ключових компонентів енергетичної політики України є просування відновлюваних джерел енергії. Уряд запровадив зелені тарифи (FiT), які гарантують вищі ставки компенсації за електроенергію, вироблену з відновлюваних джерел. Ця ініціатива надає фінансові стимули інвесторам і розробникам для створення мікромереж, що використовують сонячні, вітрові та біомасові ресурси. Забезпечуючи стабільний потік доходів, FiT сприяють інтеграції технологій відновлюваної енергії в національну енергосистему, стимулюючи розвиток мікромережових систем по всій країні.

Крім того, прихильність України до енергетичної політики Європейського Союзу призвела до прийняття різних директив, спрямованих на сприяння енергоефективності та сталому розвитку. До них належать заходи щодо скорочення викидів парникових газів та збільшення частки відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі. Приведення у відповідність до європейських стандартів не тільки покращує регуляторне середовище для проектів мікромереж, але й відкриває можливості для міжнародного фінансування та технічної допомоги.

Державні програми підтримки, такі як Фонд енергоефективності, додатково сприяють розгортанню мікромереж, надаючи гранти та пільгові кредити муніципалітетам і громадам, які прагнуть інвестувати в децентралізовані енергетичні системи. Ці програми покликані усунути фінансові бар'єри, з якими часто стикаються місцеві органи влади, що полегшує впровадження інноваційних енергетичних рішень.

Крім того, існуючі правові рамки, що регулюють децентралізоване виробництво енергії, еволюціонують з урахуванням унікальних характеристик мікромереж. Нещодавні законодавчі ініціативи запровадили чіткіші правила щодо дозволів та підключення мікромереж до національної енергосистеми, що підвищило регуляторну визначеність для зацікавлених сторін. Такі зміни забезпечують розробникам мікромереж можливість ефективніше орієнтуватися в законодавчих вимогах, що прискорює реалізацію проектів.

Підсумовуючи, можна сказати, що політика та регуляторна база України все більше сприяють впровадженню мікромереж завдяки стимулам для відновлюваної енергетики, державним програмам підтримки та змінам у законодавстві, що сприяють децентралізації енергогенерації.

6 КЛЮЧОВІ ЗАЦІКАВЛЕНІ СТОРОНИ У РОЗВИТКУ МІКРОМЕРЕЖ В УКРАЇНІ

Розвиток мікромереж в Україні передбачає участь різноманітних зацікавлених сторін, кожна з яких відіграє ключову роль у сприянні інноваціям, інвестиціям та впровадженню. Ці зацікавлені сторони можна розділити на державні органи, суб'єкти приватного сектору, неурядові організації (НУО) та міжнародних партнерів.

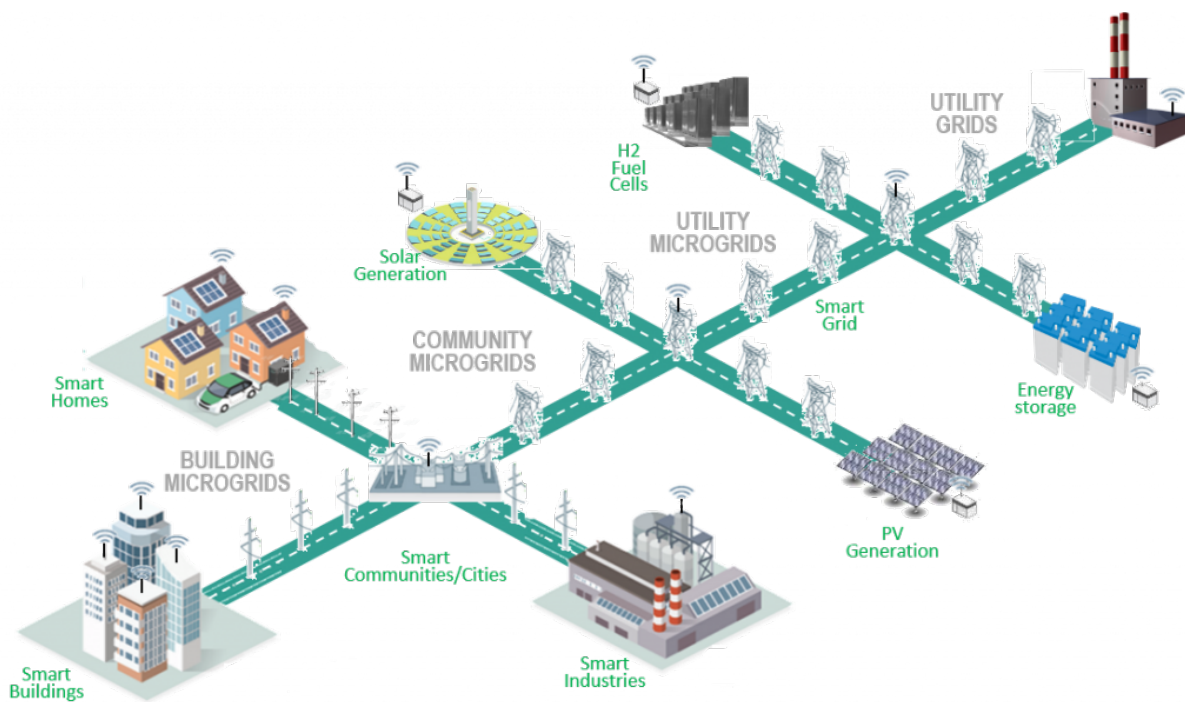


Рисунок 6.1 - Топологія мікромережі та ключові стейкхолдери

6.1 Державні органи влади

На передньому плані розвитку мікромереж стоять українські державні органи, які відповідають за формування та реалізацію політики, що сприяє розвитку відновлюваних джерел енергії та децентралізованих систем. Міністерство енергетики та охорони навколишнього середовища є ключовим гравцем, який просуває ініціативи, що підтримують інтеграцію мікромереж у національну енергетичну стратегію. Крім того, місцеві органи влади часто співпрацюють з громадами для визначення конкретних енергетичних потреб та сприяння затвердженню проектів. Законодавчі органи також відіграють важливу роль, оскільки вони створюють та вносять зміни до нормативних актів, що впливають на інвестиції та розвиток у секторі мікромереж.

6.2 Суб'єкти приватного сектору

Приватний сектор відіграє важливу роль у просуванні технологій та проектів мікромереж. Енергетичні компанії, включаючи розробників відновлюваних джерел енергії та постачальників технологій, активно інвестують у проекти мікромереж по всій Україні. Ці організації часто шукають партнерства з місцевими громадами для впровадження рішень у сфері сонячної, вітрової та біомасової енергетики. Крім того, приватні інвестори та фінансові установи відіграють

важливу роль, надаючи необхідний капітал для фінансування проектів, що допомагає зменшити початкові витрати, пов'язані з установкою мікромереж.

6.3 Неурядові організації

НУО роблять значний внесок у розвиток мікромереж, підвищуючи обізнаність, надаючи технічні знання та сприяючи залученню громад. Організації, що зосереджуються на сталому розвитку, часто співпрацюють з місцевими громадами для виявлення енергетичних викликів та впровадження рішень на основі мікромереж. Вони також можуть допомагати в залученні фінансування з міжнародних джерел, тим самим підвищуючи життєздатність проектів мікромереж.

6.4 Міжнародні партнери

Міжнародні партнери, включаючи урядові та неурядові організації з Європи та Північної Америки, мають вирішальне значення для успіху ініціатив з мікромереж в Україні. Ці партнери надають не тільки фінансову підтримку, але й технічну допомогу та програми з нарощування потенціалу. Спільні зусилля з міжнародними організаціями допомагають Україні привести свою енергетичну політику у відповідність до світових стандартів, створюючи сприятливе середовище для сталого розвитку енергетики.

Разом ці ключові зацікавлені сторони утворюють комплексну мережу, яка є необхідною для просування технологій мікромереж в Україні, забезпечуючи стале та стійке енергетичне майбутнє.

7 ПРИКЛАДИ УСПІШНОГО ВПРОВАДЖЕННЯ МІКРОМЕРЕЖ

В останні роки в Україні було успішно реалізовано низку проектів з мікромереж, які є прикладом інноваційних енергетичних рішень, адаптованих до місцевих потреб. Ці приклади ілюструють цілі, процеси реалізації, результати та уроки, винесені з цих ініціатив, демонструючи, як мікромережі можуть трансформувати енергетичний ландшафт у сільських та недостатньо забезпечених енергією громадах.

7.1 Сонячна мікромережа у Долині

Одним із помітних проектів є сонячна мікромережа в Долині, населеному пункті в Івано-Франківській області. Ця ініціатива мала на меті забезпечити надійне електропостачання домогосподарств і об'єктів критичної інфраструктури. Проект, що фінансувався за рахунок державної підтримки та приватних інвестицій, передбачав встановлення сонячних фотоелектричних панелей та акумуляторних систем зберігання енергії.

Процес реалізації розпочався із залучення громади для оцінки місцевих енергетичних потреб та забезпечення підтримки зацікавлених сторін. Після цього було проведено технічну оцінку для розробки системи, яка б максимізувала використання сонячної енергії та мінімізувала витрати. В результаті мікромережа успішно забезпечила стабільне електропостачання для понад 100 домогосподарств, зменшивши залежність від національної енергомережі.

Результатами цього проекту стали не тільки енергетична незалежність мешканців, а й створення місцевих робочих місць, пов'язаних з установкою та обслуговуванням сонячних систем. Крім того, проект сприяв значному скороченню викидів вуглецю, що відповідає цілям України у сфері відновлюваної енергетики. Основні уроки, винесені з проекту в Долині, включали важливість залучення громади до планування проекту та необхідність постійної технічної підтримки для забезпечення надійності системи.

7.2 Пілотний проект Тернопільський енергоострів мікромережа

АТ «Тернопільобленерго» видало 15 технічних завдань муніципальним та приватним підприємствам Тернополя на підключення газових когенераційних установок (далі – СНР) загальною електричною потужністю 44 МВт, для забезпечення тепловою енергією споживачів тепла, а електроенергія буде подаватися в розподільну мережу ТОВ «Тернопільобленерго» для забезпечення споживачів електроенергією.

Крім того, АТ «Тернопільобленерго» спільно з GE Vernova за підтримки Міністерства енергетики, Тернопільської обласної військової адміністрації, Тернопільської міської ради та відповідних комунальних підприємств розробляє концепцію проекту «Тернопільський енергетичний острів (мікромережа)» (далі – «Проект»). Проект передбачає ряд технічних та управлінських рішень, насамперед для забезпечення мереж Тернопільобленерго достатнім рівнем автоматизації та програмного забезпечення, модернізації первинного та вторинного обладнання, підвищення потужності, статичної та динамічної стійкості мережі. Результатом має стати можливість для Тернополя працювати в автономному (острівному) режимі в разі відключення електроенергії (втрати зв'язку з системою електропередачі) та забезпечувати споживачів теплом та електроенергією.

Проект залишається актуальним навіть у мирний час, оскільки, крім стабільності системи, має низку переваг: мікромережа здатна ефективно працювати в синхронізації з IPSU; вирішення вузьких місць у розподільчій мережі; високий рівень автоматизації та керованості (smart grid); зменшення SAIDI, SAIFI (), технологічних втрат та вуглецевого сліду; збільшення потенціалу для підключення розподілених енергоресурсів, включаючи відновлювані джерела енергії та об'єкти зберігання енергії. Загалом, Проект повністю відповідає Концепції впровадження розумних мереж в Україні до 2035 року, а також Стратегії розвитку розподіленого генерації до 2035 року та Енергетичній стратегії України до 2050 року.

Станом на сьогодні:

1. Проект включено до Єдиної цифрової інтегрованої інформаційно-аналітичної системи управління процесом реконструкції нерухомості, будівництва та інфраструктури – системи DREAM. Ідентифікатор плану потреб у системі DREAM (доступний для загального огляду на вебсайті): DREAM-UA-031024-9F38F9F2;
2. Проект був публічно представлений на конференції «Rebuild Ukraine 2024», що відбулася 13-14 листопада 2024 року у Варшаві, спільно з GE Vernova та Тернопільською міською радою;
3. Були проведені зустрічі щодо фінансування проекту з: DFC, ЄБРР, СБ, ЄІБ, GIZ, Міністерством фінансів Франції;
4. було подано заявку на відбір Проекту для реалізації в рамках програми допомоги Французької Республіки Україні «FONDS DE SOUTIEN AUX INFRASTRUCTURES CRITIQUES UKRAINIENNES FONDS UKRAINE», відповідно до Грантової угоди між Урядом України та Урядом Французької Республіки щодо сприяння відновленню та підтримці критичної інфраструктури та пріоритетних секторів української економіки, на жаль, заявка була подана занадто пізно і не була допущена до участі.
5. Наразі, на основі інформації, отриманої під час презентацій та попередніх консультацій з фінансовими установами, АТ «Тернопільобленерго» спільно з GE Vernova готують оновлену презентацію (дорожню карту) Проекту для потенційних донорів/інвесторів. Завершення презентації заплановано до кінця січня 2025 року.

7.3 Проект київської розумної мікромережі

Іншим важливим прикладом є проект «Київська розумна мікромережа», спрямований на інтеграцію декількох джерел відновлюваної енергії в міському середовищі. Ця ініціатива була зосереджена на підвищенні енергоефективності в громадських будівлях, включаючи школи та лікарні, за допомогою сучасних систем енергоменеджменту.

Реалізація проекту передбачала співпрацю між місцевою владою, приватними технологічними компаніями та науковими установами з метою розробки розумних рішень, що оптимізують споживання та виробництво енергії. Мікромережа включала сонячні панелі, системи зберігання енергії та розумні лічильники, що дозволяли здійснювати моніторинг та контроль енергетичних потоків у режимі реального часу.

Результати були вражаючими: енерговитрати будівель, що брали участь у проекті, були скорочені приблизно на 30%, а мікромережа дозволила інтегрувати додаткові відновлювані джерела енергії в енергетичний баланс міста. Цей проект підкреслив потенціал міських мікромереж для підвищення енергоефективності та стійкості. Важливим уроком стало усвідомлення важливості використання технологічних партнерств для досягнення масштабованих і відтворюваних рішень у міських умовах.

Ці приклади ілюструють універсальність та ефективність впровадження мікромереж в Україні, демонструючи, як локалізовані енергетичні рішення можуть вирішувати унікальні енергетичні виклики, сприяючи при цьому сталому розвитку громади.

8 ВИКЛИКИ, З ЯКИМИ СТИКАЄТЬСЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МІКРОМЕРЕЖ

Широке впровадження мікромереж в Україні гальмується низкою значних викликів, серед яких фінансові обмеження, технологічні обмеження, обізнаність громадськості та адміністративні перешкоди. Розуміння цих бар'єрів є необхідним для розробки ефективних стратегій просування впровадження мікромереж та використання їхніх переваг.

8.1 Фінансові обмеження та наслідки війни

Однією з найгостріших проблем впровадження мікромереж є відсутність достатнього фінансування. Розробка систем мікромереж вимагає значних початкових інвестицій в інфраструктуру, технології та поточне обслуговування. Багато місцевих органів влади та громад в Україні стикаються з бюджетними обмеженнями, що обмежує їхню здатність інвестувати в такі проекти. Хоча урядові стимули та міжнародне фінансування доступні, доступ до цих ресурсів може бути складним і конкурентним. Крім того, економічна нестабільність в Україні посилює ризики, пов'язані з інвестуванням в енергетичні проекти, що стримує приватних інвесторів від вкладення капіталу.



Рисунок 8.1 - Наслідки атак на електричні розподільні мережі

8.2 Технологічні обмеження

Технологічні бар'єри також відіграють важливу роль у перешкоджанні впровадженню мікромереж. Хоча Україна досягла значних успіхів у галузі технологій відновлюваної енергії, загальна інфраструктура все ще перебуває на стадії розвитку. Такі проблеми, як застарілі системи електромереж, відсутність сучасних систем управління енергією та недостатня інтеграція відновлюваних ресурсів, можуть перешкоджати ефективності мікромереж. Крім того, кількість кваліфікованої робочої сили для встановлення та обслуговування цих сучасних технологій залишається обмеженою, що обмежує потенціал успішного впровадження мікромереж.

Графік погодинних відключень на 24 листопада 2024 року																									
	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	5-6	6-7	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20	20-21	21-22	22-23	23-24	
1 черга																									
2 черга																									
3 черга																									
4 черга																									
5 черга																									
6 черга																									
	електроенергія розподіляється																								
	електроенергія відсутня в разі застосування 1 черги																								
	електроенергія відсутня в разі застосування 2 черг одночасно																								
	електроенергія відсутня в разі застосування 3 черг одночасно																								
	електроенергія відсутня в разі застосування 4 черг одночасно																								

Рисунок 8.2 - Приклад розкладу погодинних відключень



Рисунок 8.3 - Повідомлення про застосування погодинного графіка відключень електроенергії

8.3 Інформування громадськості

Інформування громадськості та розуміння мікромереж також є критичними факторами їх впровадження. Багато громад можуть не повністю усвідомлювати переваги мікромережових систем або принцип їх функціонування. Без належної інформації та освіти може виникнути опір змін, оскільки місцеве населення може вагатися переходити від традиційних джерел енергії

до нових, більш децентралізованих систем. Залучення громад через інформаційно-просвітницькі ініціативи є надзвичайно важливим для сприяння прийняттю та підтримці проектів мікромереж.

8.4 Зміна фокусу

Хочу звернути вашу увагу на те, що центри навантаження змістилися на захід, оскільки тиллові регіони стали

- місцями проживання внутрішньо переміщених осіб. Наприклад, Тернопільська область з населенням близько 1 мільйона осіб прийняла 58 000 внутрішньо переміщених осіб, більшість з яких оселилася в місті Тернопіль з населенням близько 250 000 осіб;
- місцем передислокації підприємств з прифронтових регіонів;
- логістичними центрами для зберігання та підготовки технічної та гуманітарної допомоги.

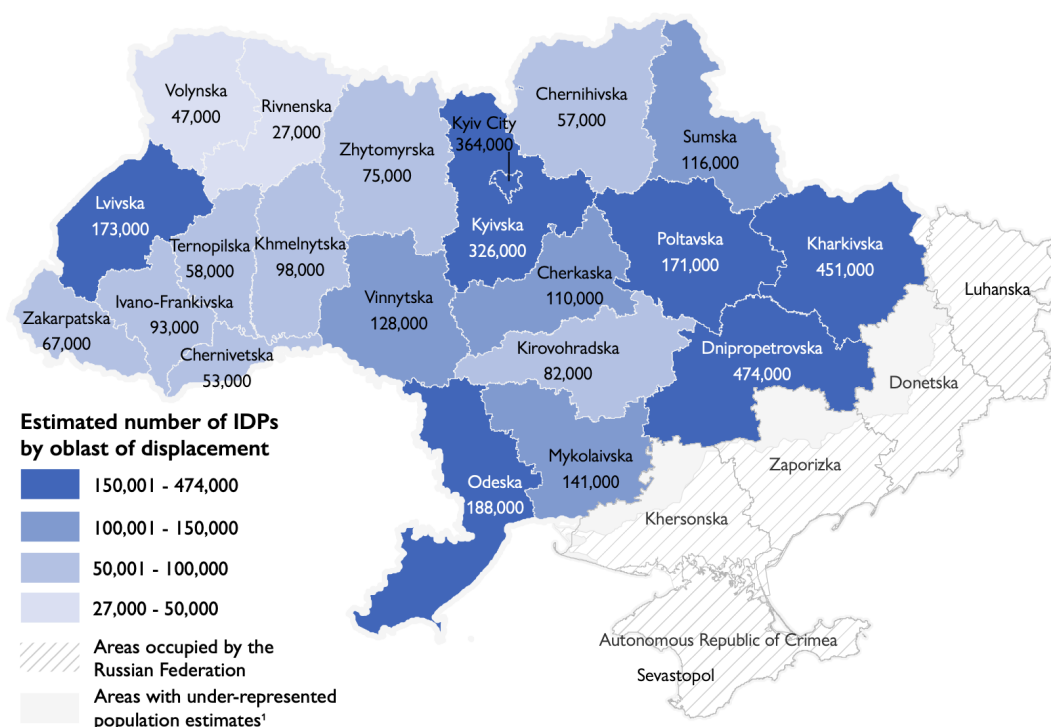


Рисунок 8.4 - Розподіл ВПО за регіонами, згідно з Доповіддю про внутрішнє переміщення в Україні-R1, підготовленою МОМ ООН з питань міграції

У зв'язку з цим попит на електроенергію, нові підключення, ремонт та будівництво в західних регіонах різко зріс. Щорічна кількість заявок на нові підключення в західних регіонах зросла в 2,5 рази. Збільшилося навантаження на енергетичні компанії в тиллових регіонах. Згідно з Кодексом системи розподілу, ОСР зобов'язані надавати недискримінаційний доступ (підключення) до розподільчих мереж.

З міркувань безпеки більшість об'єктів як централізованого, так і розподіленого виробництва будуть встановлені в тиллових регіонах, а частина виробленої електроенергії буде передаватися до прифронтових регіонів по лініях електропередач.

8.5 Адміністративні перешкоди

Нарешті, адміністративні виклики становлять значну перешкоду. Навігація в регуляторному середовищі може бути складною, а бюрократичні процеси часто затримують затвердження та реалізацію проектів. Відсутність чіткої та послідовної політики щодо розвитку мікромереж може створити невизначеність для зацікавлених сторін, що стримує інвестиції. Впорядкування регуляторних процесів та створення сприятливої політичної бази будуть мати вирішальне значення для сприяння впровадженню мікромереж в Україні.

Вирішення цих проблем вимагатиме спільних зусиль уряду, приватного сектора та громадянського суспільства для створення сприятливих умов для розвитку технологій мікромереж в Україні.

9 МАЙБУТНІ ПЕРСПЕКТИВИ МІКРОМЕРЕЖ В УКРАЇНІ

Майбутнє технології мікромереж в Україні виглядає багатообіцяючим завдяки технологічним досягненням, зростанню інвестиційних можливостей та проактивним змінам у політиці. У той час як країна продовжує вирішувати свої енергетичні проблеми, мікромережі виділяються як життєздатне рішення, яке може підвищити енергетичну стійкість та підтримати інтеграцію відновлюваних джерел енергії.

9.1 Удосконалення технології мікромереж

Очікується, що технологічні інновації відіграватимуть вирішальну роль у поширенні мікромереж по всій Україні. Розвиток технологій розумних мереж, що включають аналіз даних у реальному часі та сучасні системи моніторингу, дозволить мікромережам оптимізувати виробництво та споживання енергії. Крім того, вдосконалення рішень для зберігання енергії, таких як твердотільні акумулятори, підвищить надійність та ефективність цих систем, що дозволить краще управляти переривчастими відновлюваними ресурсами. Ці досягнення, ймовірно, сприятимуть розгортанню мікромереж як у міських, так і в сільських районах, створюючи більш гнучкий та адаптивний енергетичний ландшафт.

9.2 Інвестиційні можливості

Очікується, що інвестиції в проекти мікромереж будуть зростати завдяки ініціативам як державного, так і приватного сектору. Український уряд, визнаючи важливість енергетичної незалежності, ймовірно, збільшить фінансування проектів у сфері відновлюваних джерел енергії, включаючи розвиток мікромереж. Крім того, міжнародні інвестори все більше цікавляться енергетичним сектором України, приваблювані потенціалом високої прибутковості на ринку, який готується до трансформації. Державно-приватне партнерство може стати ключовою моделлю фінансування проектів мікромереж, що дозволить розділити ризики та ресурси, одночасно сприяючи інноваціям та масштабуванню.

9.3 Зміни в політиці

Зміни в політичному ландшафті України сприятимуть подальшому розвитку технології мікромереж. У міру приведення енергетичної політики у відповідність до стандартів Європейського Союзу, все більша увага приділятиметься стійкості та енергоефективності. Очікується, що ця зміна призведе до впровадження більш сприятливих нормативно-правових рамок, які спростять процес для розробників мікромереж. Крім того, ініціативи, спрямовані на посилення участі громади в прийнятті рішень щодо енергетики, дадуть можливість місцевим зацікавленим сторонам брати активну участь у проектах мікромереж, забезпечуючи відповідність рішень місцевим потребам.

Підсумовуючи, можна сказати, що майбутнє мікромереж в Україні є перспективним і характеризується технологічним прогресом, збільшенням інвестиційних можливостей та змінами в політиці на користь мікромереж. У міру збігу цих елементів мікромережі відіграватимуть ключову роль у трансформації енергетичного ландшафту України, сприяючи сталому розвитку, стійкості та енергетичній незалежності.

10 ПОРІВНЯННЯ З ГЛОБАЛЬНИМИ ТЕНДЕНЦІЯМИ У СФЕРІ МІКРОМЕРЕЖ

Розвиток мікромереж в Україні відображає більш широку глобальну тенденцію до децентралізації енергетичних систем, спрямовану на підвищення стійкості, сталого розвитку та енергетичної незалежності. Хоча Україна має кілька спільних рис з країнами, які є піонерами у сфері мікромережових технологій, істотні відмінності у викликах та підходах підкреслюють необхідність адаптованих стратегій та найкращих практик.

Однією з найпомітніших схожих рис є акцент на інтеграції відновлюваних джерел енергії. У всьому світі мікромережі все частіше використовуються для сприяння переходу на чистіші джерела енергії. Такі країни, як Німеччина та Австралія, успішно впровадили мікромережі, що надають пріоритет сонячній та вітровій енергії, продемонструвавши потенціал локалізованих енергетичних систем для досягнення національних цілей у сфері відновлюваних джерел енергії. Аналогічно, ініціативи України у сфері мікромереж зосереджені на використанні сонячних та вітрових ресурсів для зменшення залежності від імпортованих викопних палив та підвищення енергетичної безпеки.

Однак геополітичний контекст України відрізняє її від багатьох розвинених країн. Тривалий конфлікт та історична енергетична залежність створюють унікальні виклики, які вимагають більш негайної та рішучої реакції. Наприклад, тоді як такі країни, як Сполучені Штати, інвестували значні кошти в технології мікромереж для підвищення енергетичної стійкості в умовах природних катастроф, Україна впроваджує мікромережі переважно через необхідність стабільності в умовах геополітичної нестабільності. Ця нагальність призвела до швидких змін у політиці та міжнародної співпраці, які можуть бути не такими вираженими в інших країнах.

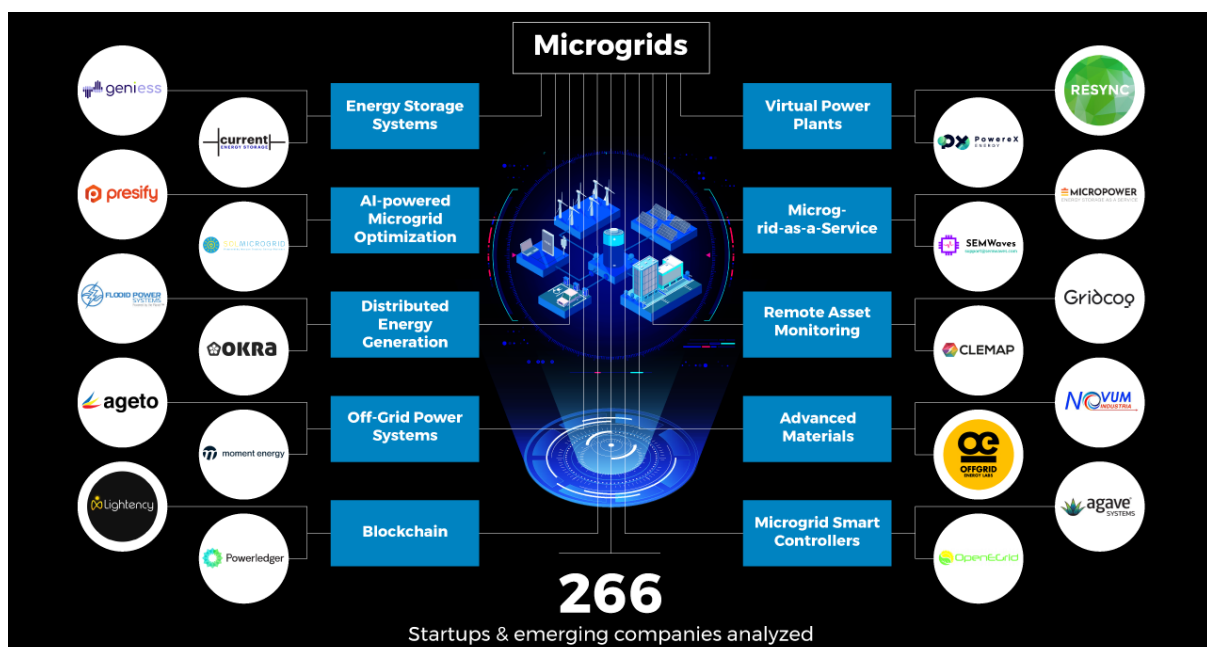


Рисунок 10.1 - 10 головних тенденцій у сфері мікромереж

Таблиця 10.1 - Вплив 10 основних тенденцій у сфері мікромереж

Energy Storage Systems 29 %	Distributed Energy Generation 17 %	Blockchain 8 %
		Virtual Power Plants 6 %
AI-powered Microgrid Optimization 20 %	Off-Grid Power Systems 13 %	Microgrid-as-a-Service 3 %
		Remote Asset Monitoring 2 %
		Advanced Materials 1 %
		Microgrid Smart Controllers 1 %

Крім того, обізнаність та сприйняття громадськістю технологій мікромереж значно різняться залежно від регіону. У країнах із сильною культурою сталого розвитку, таких як Данія, залучення громади та освіта відіграють вирішальну роль у успішному впровадженні мікромереж. Натомість Україна стикається з проблемами, пов'язаними з розумінням громадськістю переваг мікромереж, що вимагає цілеспрямованих інформаційних ініціатив для залучення місцевої підтримки.

Найкращі практики, що впливають із глобальних тенденцій у сфері мікромереж, включають важливість залучення зацікавлених сторін, надійні регуляторні рамки та фінансові стимули. Такі країни, як Канада, продемонстрували ефективність державно-приватного партнерства у фінансуванні проектів мікромереж, і Україна могла б запозичити цю модель для пом'якшення фінансових обмежень. На основі цього міжнародного досвіду Україна може адаптувати свої стратегії розвитку мікромереж до своїх унікальних умов, щоб у кінцевому підсумку побудувати більш стійке та стає енергетичне майбутнє.

11 ЗАЛУЧЕННЯ ТА СХВАЛЕННЯ ГРОМАДАМИ

Залучення громад є надзвичайно важливим для успішної реалізації проектів мікромереж, особливо в Україні, де місцева підтримка може суттєво вплинути на результати проекту. Залучення громад з самого початку сприяє формуванню відчуття причетності, гарантуючи, що розроблені рішення відповідають конкретним потребам та уподобанням місцевого населення. Такий підхід не тільки підвищує ймовірність успіху проекту, але й сприяє побудові довгострокових відносин між енергопостачальниками та громадами, які вони обслуговують.

Для підвищення рівня сприйняття мікромережових проектів громадськістю важливо застосовувати прозорі комунікаційні стратегії, що інформують громади про переваги та наслідки цих систем. Освітні кампанії можуть розвіяти міфи про мікромережові технології, розвінчуючи поширені хибні уявлення та підкреслюючи їхні переваги, такі як підвищення надійності енергопостачання, зниження витрат та екологічні переваги. Крім того, демонстрація успішних прикладів з подібних громад може стати потужним інструментом для ілюстрації конкретних наслідків впровадження мікромереж.

Залучення місцевого населення може відбуватися в різних формах, включаючи семінари, публічні зустрічі та фокус-групи, де члени громади можуть поділитися своїми занепокоєннями, задати питання та надати свої пропозиції щодо проектів. Залучення місцевих зацікавлених сторін до процесу прийняття рішень не тільки надає їм повноваження, але й допомагає на ранньому етапі виявити та пом'якшити потенційні заперечення. Співпраця з лідерами та організаціями громади може ще більше посилити зусилля з інформування, оскільки ці авторитетні особи можуть виступати на підтримку проекту та сприяти його ширшому прийняттю.

Крім того, для заохочення підтримки громади важливо враховувати економічні та соціальні аспекти. Проекти мікромереж, які створюють робочі місця, сприяють розвитку місцевої економіки та покращують загальну якість життя, мають більше шансів отримати позитивні відгуки від мешканців. Узгоджуючи цілі проекту з інтересами та потребами громади, розробники можуть створити сприятливе середовище для співпраці, яке сприятиме впровадженню рішень у сфері сталого енергопостачання, адаптованих до унікальних умов кожної місцевості.

12 ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ МІКРОМЕРЕЖ В УКРАЇНІ

Економічний аналіз встановлення мікромереж в Україні вимагає комплексного оцінювання початкових інвестицій у порівнянні з довгостроковими заощадженнями та вигодами. Мікромережі мають численні переваги, зокрема зниження витрат на енергію, підвищення енергетичної безпеки та стійкості до перебоїв у постачанні, що є особливо актуальним у контексті поточної енергетичної ситуації в Україні.

12.1 Первинні інвестиції

Початкові витрати, пов'язані з розгортанням мікромереж, можуть бути значними. Вони включають витрати на інфраструктуру, таку як сонячні панелі, вітрові турбіни, системи зберігання енергії та необхідні технології управління. Типовий проект мікромережі в Україні може вимагати інвестицій від 500 000 до декількох мільйонів доларів, залежно від масштабу та складності системи. Фінансові бар'єри, включаючи обмежений доступ до капіталу та сприйняття високого ризику серед інвесторів, можуть перешкоджати започаткуванню проектів мікромереж.

12.2 Довгострокові заощадження

На відміну від початкових інвестицій, довгострокові економічні вигоди від мікромереж можуть бути значними. Забезпечуючи локалізоване виробництво енергії, мікромережі можуть значно зменшити залежність від імпортного палива та стабілізувати ціни на енергію. Наприклад, дослідження показують, що громади, які використовують мікромережі, можуть заощадити до 30% витрат на енергію протягом 20-річного терміну експлуатації завдяки зменшенню залежності від традиційних джерел енергії та зменшенню втрат при передачі.

Більше того, інтеграція відновлюваних джерел енергії в мікромережі призводить до зниження експлуатаційних витрат, оскільки ці ресурси часто є безкоштовними після створення інфраструктури. Крім того, мікромережі можуть підвищити енергетичну стійкість, мінімізуючи економічний вплив відключень електроенергії, які можуть бути особливо серйозними в Україні з огляду на її геополітичні виклики. Здатність підтримувати електропостачання під час перебоїв може зберегти місцеву економічну активність і зменшити втрати, пов'язані з простоєм.

12.3 Відображення даних

Для подальшої ілюстрації економічного впливу аналіз витрат і вигод можна візуально представити за допомогою графіків, що порівнюють початкові інвестиції з прогнозованою довгостроковою економією. Наприклад, гістограма може відображати сукупні витрати та економію за 20-річний період, виділяючи точку беззбитковості та подальші норми прибутку. Кругові діаграми можуть порівнювати відсоток економії, пов'язаний зі зменшенням витрат на енергію, підвищенням надійності та іншими перевагами, надаючи зацікавленим сторонам чітке уявлення про економічну доцільність проектів мікромереж.

Підсумовуючи, можна сказати, що хоча початкові інвестиції в мікромережі можуть бути високими, довгострокова економія та економічні вигоди, особливо в таких умовах, як в Україні, є переконливими аргументами на користь їх впровадження.

13 ВПЛИВ МІКРОМЕРЕЖ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

Мікромережеві системи все більше визнаються за їхній потенціал щодо зменшення впливу на навколишнє середовище, особливо щодо викидів парникових газів, збереження біорізноманіття та землекористування. В Україні, де енергетична незалежність та сталий розвиток мають першочергове значення, впровадження мікромереж може значно сприяти досягненню екологічних цілей.



Рисунок 13.1 - Вплив мікромереж на навколишнє середовище

13.1 Скорочення викидів парникових газів

Однією з найважливіших екологічних переваг мікромереж є їх здатність зменшувати викиди парникових газів (ПГ). Завдяки інтеграції відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова, мікромережі можуть істотно зменшити залежність від викопних палив, які є основними джерелами викидів ПГ. В Україні перехід на мікромережеві системи відповідає зобов'язанням країни щодо виконання міжнародних кліматичних угод та зменшення вуглецевого сліду. Наприклад, сонячна мікромережа може скоротити викиди, замінивши традиційне виробництво електроенергії, тим самим сприяючи очищенню повітря та оздоровленню екосистеми.

13.2 Питання біорізноманіття

Впровадження мікромереж також сприяє збереженню біорізноманіття, особливо якщо вони розроблені з урахуванням екологічних принципів. Системи мікромереж можуть бути стратегічно розміщені для мінімізації порушення природних середовищ існування, тим самим зберігаючи місцеву флору і фауну. В Україні, де існують різноманітні екосистеми, ретельне планування може допомогти забезпечити, щоб встановлення інфраструктури відновлюваної енергії не порушувало існуючі коридори дикої природи або чутливі райони. Крім того, використання сільськогосподарських угідь для подвійних цілей, таких як сонячна енергетика в поєднанні з

виращуванням сільськогосподарських культур, може сприяти біорізноманіттю, забезпечуючи при цьому відновлювану енергію.

13.3 Вплив землекористування на українські екосистеми

Зміни у землекористуванні, пов'язані з установкою мікромереж, повинні ретельно контролюватися, щоб мінімізувати негативний вплив на українські екосистеми. Хоча потреба в землі для розміщення сонячних панелей або вітрових турбін є значною, вплив можна пом'якшити за допомогою розумного вибору місця та практик управління землею. Наприклад, використання раніше освоєних або деградованих земель для нової інфраструктури може зменшити конкуренцію з сільськогосподарськими або природними ландшафтами. Більше того, інтеграція систем мікромереж з існуючим землекористуванням, наприклад, агровольтаїкою, може створити синергетичні переваги, дозволяючи виробляти енергію паралельно з сільськогосподарською діяльністю.

Підсумовуючи, мікромережеві системи в Україні пропонують перспективні екологічні переваги, зокрема у зменшенні викидів парникових газів, збереженні біорізноманіття та ефективному управлінні впливом землекористування. Надаючи пріоритет цим аспектам, Україна може використати потенціал мікромереж для сприяння сталому енергетичному майбутньому, одночасно захищаючи свої унікальні екосистеми.

14 ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ ТА ПРОЕКТНІ РІШЕННЯ

Проектування мікромереж в Україні вимагає глибокого розуміння різних технічних специфікацій та проектних міркувань, щоб забезпечити їх ефективну, безпечну та результативну роботу. Ключовими елементами є аналіз навантаження, підключення до мережі та дотримання стандартів безпеки.

14.1 Аналіз навантажень

Аналіз навантажень є критично важливим першим кроком у проектуванні будь-якої мікромережі. Цей процес передбачає визначення енергетичних потреб громади або об'єкта, які обслуговуватиме мікромережа. Він вимагає детальної оцінки як поточного, так і передбачуваного споживання енергії з урахуванням таких факторів, як піковий попит, щоденні моделі споживання та сезонні коливання. Для України, де на споживання енергії можуть істотно впливати кліматичні умови та соціально-економічні фактори, точне прогнозування навантажень є надзвичайно важливим. Такі інструменти, як програмне забезпечення для енергетичного моделювання, можуть допомогти в моделюванні профілів навантаження та визначенні оптимальної потужності необхідних систем генерації та зберігання.

14.2 Підключення до мережі

Мікромережі можуть працювати в режимі підключення до мережі або в автономному режимі. Тому створення надійного підключення до мережі є життєво важливим для забезпечення ефективної взаємодії мікромережі з основною мережею. Таке підключення полегшує обмін енергією, дозволяючи мікромережі отримувати енергію під час пікового попиту або повертати надлишкову енергію в мережу. При проектуванні слід враховувати вибір відповідних стандартів взаємозв'язку, обладнання для передачі та комунікаційних технологій, що забезпечують обмін даними в режимі реального часу. Крім того, для успішної експлуатації важливе значення має безперебійна інтеграція з існуючою інфраструктурою та відповідність місцевим мережевим кодексам.

14.3 Безпекові стандарти

Стандарти безпеки мають першочергове значення при проектуванні мікромереж для захисту як персоналу, так і обладнання. Проектувальники мікромереж повинні дотримуватися національних та міжнародних правил безпеки, включаючи Національний електричний кодекс (NEC) та місцеві українські стандарти. Ключові аспекти безпеки включають захист від надструму, системи заземлення та аварійні відключення. Впровадження сучасних систем моніторингу та контролю може підвищити безпеку завдяки наданню сповіщень у режимі реального часу про ненормальні умови експлуатації. Крім того, для забезпечення постійної відповідності протоколам безпеки необхідно проводити регулярні перевірки та технічне обслуговування компонентів мікромереж.

14.4 Схеми та засоби візуалізації

Використання діаграм може значно підвищити зрозумілість проектів мікромереж. Наприклад, схематична діаграма, що ілюструє типове розташування мікромережі, може зображати взаємозв'язки між джерелами відновлюваної енергії (такими як сонячні панелі та вітрові турбіни), системами зберігання енергії, системами управління та основною мережею. Блок-схеми, що описують процеси аналізу навантаження, інтеграції в мережу та перевірок безпеки,

також можуть слугувати цінними інструментами для зацікавлених сторін, залучених до розвитку мікромереж.

Враховуючи ці технічні специфікації та конструктивні особливості, проекти мікромереж в Україні можуть бути розроблені таким чином, щоб задовольняти місцеві потреби в енергії, забезпечуючи при цьому надійність, безпеку та інтеграцію з існуючою інфраструктурою.

15 МОДЕЛІ ФІНАНСУВАННЯ ТА ІНВЕСТИВАННЯ ДЛЯ МІКРОМЕРЕЖ

Успішна розробка проектів мікромереж в Україні значною мірою залежить від забезпечення належного фінансування та прийняття ефективних інвестиційних моделей. Декілька джерел фінансування та інвестиційних стратегій набирають обертів, включаючи державно-приватні партнерства, ініціативи з краудфандингу та міжнародні варіанти фінансування, кожна з яких має свої унікальні переваги.

15.1 Державно-приватне партнерство (ДПП)

Державно-приватне партнерство (ДПП) — це спільний підхід, за якого уряд і приватний сектор розділяють витрати, ризики та вигоди від проектів мікромереж. Ця модель є особливо актуальною в Україні, де фінансові обмеження можуть обмежувати можливості уряду. Залучаючи приватні інвестиції, муніципалітети можуть здійснювати розвиток мікромереж, не несучи весь фінансовий тягар. ДПП може сприяти обміну досвідом, технологіями та ресурсами, що в кінцевому підсумку призведе до більш ефективної реалізації проектів. Наприклад, місцеві органи влади можуть надавати регуляторну підтримку та стимули, а приватні компанії можуть вносити капітал та технічні знання.

15.2 Краудфандинг

Краудфандинг став інноваційною моделлю фінансування, яка дає місцевим громадам можливість інвестувати в своє енергетичне майбутнє. Ця модель дозволяє приватним особам і дрібним інвесторам об'єднувати свої ресурси для безпосереднього фінансування ініціатив з розвитку мікромереж. Краудфандингові платформи, орієнтовані на проекти з відновлюваної енергетики, можуть стати реальним джерелом фінансування, особливо в сільських районах, де традиційні варіанти фінансування можуть бути обмеженими. Залучаючи громаду до інвестиційного процесу, краудфандинг не тільки залучає капітал, але й сприяє формуванню відчуття причетності та відданості успіху проекту з розвитку мікромереж.

15.3 Можливості міжнародного фінансування

Міжнародні варіанти фінансування також відіграють ключову роль у підтримці проектів мікромереж в Україні. Такі організації, як Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР), Світовий банк та різні міжнародні НУО, надають фінансування та технічну допомогу для просування ініціатив у сфері відновлюваної енергетики. Ці установи часто пропонують низьковідсоткові кредити, гранти та програми з нарощування потенціалу, адаптовані до конкретних потреб країн, що розвиваються. Використовуючи ці ресурси, українські проекти мікромереж можуть отримати доступ до вкрай необхідного капіталу та експертизи для підвищення їхньої реалістичності та стійкості.

15.4 Висновок

Підсумовуючи, можна сказати, що фінансування розвитку мікромереж в Україні є різноманітним і охоплює державно-приватні партнерства, ініціативи з краудфандингу та міжнародні варіанти фінансування. Кожна модель має свої переваги, які можуть допомогти вирішити фінансові проблеми проектів мікромереж, що в кінцевому підсумку сприятиме досягненню цілей енергетичної незалежності та сталого розвитку країни.

16 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ТА ТЕХНІЧНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ МІКРОМЕРЕЖ

Ефективна експлуатація та технічне обслуговування (O&M) мікромереж мають вирішальне значення для забезпечення їх надійності, продуктивності та довговічності. Найкращі практики в цій галузі охоплюють ряд стратегій, що наголошують на систематичному моніторингу, профілактичному обслуговуванні та кваліфікованому персоналі. Застосовуючи ці практики, мікромережі можуть оптимізувати свою діяльність та надавати стабільні енергетичні послуги своїм громадам.

16.1 Найкращі практики експлуатації та технічного обслуговування мікромереж

1. Регулярний моніторинг та аналіз даних: Необхідним є постійний моніторинг компонентів мікромереж, таких як джерела генерації, системи зберігання та навантаження. Використання сучасних інструментів аналізу даних може допомогти операторам визначити тенденції продуктивності, виявити аномалії та спрогнозувати потреби в технічному обслуговуванні. Такий проактивний підхід дозволяє вчасно втручатися, перш ніж дрібні проблеми переростуть у дорогі ремонти або тривалі перебої в роботі.
2. Профілактичне та прогнозне технічне обслуговування: розробка надійного графіка технічного обслуговування, що надає пріоритет профілактичним заходам, може подовжити термін експлуатації активів мікромереж. Також слід інтегрувати прогнозне технічне обслуговування, яке використовує дані з систем моніторингу для передбачення несправностей. Ця стратегія мінімізує час простою, усуваючи потенційні проблеми до їх виникнення, що дозволяє планувати технічне обслуговування в періоди найменшого навантаження.
3. Інтеграція інтелектуальних технологій: Впровадження інтелектуальних систем управління енергією дозволяє здійснювати моніторинг та контроль роботи мікромереж у режимі реального часу. Ці технології сприяють автоматизованій реакції на коливання попиту та виробництва енергії, оптимізуючи енергопотік та підвищуючи ефективність системи. Крім того, інтелектуальні технології можуть поліпшити комунікацію всередині мікромережі, що дозволяє краще координувати роботу різних компонентів.
4. Залучення громади та освіта: Залучення місцевих громад до процесів експлуатації та технічного обслуговування сприяє формуванню почуття відповідальності та підтримки ініціатив щодо мікромереж. Освіта мешканців щодо роботи та технічного обслуговування мікромереж може допомогти їм зрозуміти свою роль у підтримці енергоефективності та надійності.

16.2 Кваліфікація та навчання персоналу

Персонал, який управляє системами мікромереж, повинен володіти різноманітними навичками для ефективного нагляду за експлуатацією та технічним обслуговуванням. Основні навички включають:

- Технічна експертиза: оператори повинні добре розумітися на електричних системах, технологіях відновлюваної енергії та рішеннях для зберігання енергії. Навчальні програми, орієнтовані на ці галузі, можуть підвищити їх технічну компетентність.

- Аналіз та інтерпретація даних: Вміння аналізувати дані є надзвичайно важливим для моніторингу роботи системи та прийняття обґрунтованих рішень. Навчання роботі з відповідним програмним забезпеченням та техніками аналізу даних дасть персоналу можливість використовувати отримані знання для вдосконалення роботи.
- Розв'язання проблем та критичне мислення: персонал повинен розвинути сильні навички розв'язання проблем, щоб вирішувати завдання, що виникають під час експлуатації мікромереж. Навчання критичному мисленню та системам прийняття рішень може підвищити їхню здатність ефективно реагувати на несподівані ситуації.
- Протоколи безпеки: Забезпечення безпеки персоналу та громади має першочергове значення. Комплексне навчання стандартам безпеки та протоколам дій у надзвичайних ситуаціях дозволить персоналу управляти потенційними небезпеками, пов'язаними з експлуатацією мікромереж.

Застосовуючи ці найкращі практики та зосереджуючись на розвитку навичок, оператори мікромереж в Україні можуть забезпечити ефективність, надійність та здатність своїх систем задовольняти енергетичні потреби своїх громад.

17 ІНТЕГРАЦІЯ З НАЦІОНАЛЬНОЮ ОБ'ЄДНАНОЮ ЕНЕРГОСИСТЕМОЮ

Інтеграція мікромереж з національною електромережею України відкриває значні можливості для підвищення стійкості та надійності енергетичної системи країни. Ця інтеграція передбачає низку технічних вимог, регуляторних аспектів та наслідків для стабільності мережі, які необхідно ретельно проаналізувати.

17.1 Технічні вимоги

Технічна інтеграція мікромереж з національною енергосистемою вимагає надійних стандартів взаємозв'язку. Основні вимоги включають встановлення сумісних рівнів напруги, синхронізацію частоти та ефективні протоколи зв'язку для полегшення обміну даними в режимі реального часу між мікромережами та національною енергосистемою. Крім того, для управління потоком електроенергії необхідні сучасні системи управління, що дозволяють мікромережам ефективно працювати як у режимі підключення до енергосистеми, так і в автономному режимі. Системи зберігання енергії, такі як акумулятори, відіграють важливу роль у збалансуванні попиту та пропозиції, забезпечуючи резервне живлення під час відключень та стабільне енергопостачання.

17.2 Регуляторні фактори

З регуляторної точки зору, інтеграція мікромереж з національною енергосистемою вимагає сприятливої політичної бази, яка заохочує інвестиції та інновації. Це включає чіткі *ガイドライン* щодо дозволів, процесів взаємоз'єднання та дотримання національних стандартів. Регулювання також повинно враховувати економічні аспекти енергетичних транзакцій, включаючи структуру тарифів та стимули для виробництва відновлюваної енергії. Український уряд розпочав реформи, спрямовані на просування децентралізованих енергетичних рішень, але необхідні постійні зусилля для оптимізації регуляторних процесів та підвищення прозорості для зацікавлених сторін.

17.3 Вплив на стабільність системи

Інтеграція мікромереж у національну енергосистему може значно підвищити її стабільність. Розподіляючи виробництво енергії між декількома локалізованими системами, мікромережі зменшують ризик масштабних відключень та покращують загальну стійкість енергетичної інфраструктури. Крім того, використання відновлюваних джерел енергії через мікромережі може допомогти зменшити пікові навантаження на національну енергосистему, що призведе до більш збалансованого енергопостачання. Однак для запобігання потенційним перебоям у роботі енергосистеми надзвичайно важливо контролювати та управляти мінливістю відновлюваних ресурсів. Впровадження передових стратегій прогнозування та реагування на попит буде мати вирішальне значення для пом'якшення цих викликів.

Підсумовуючи, успішна інтеграція мікромереж в національну електромережу України залежить від вирішення технічних вимог, нормативно-правової бази та впливу на стабільність мережі. Сприяючи співпраці між зацікавленими сторонами та інвестуючи в інноваційні технології, Україна може прокласти шлях до більш стійкого та сталого енергетичного майбутнього.

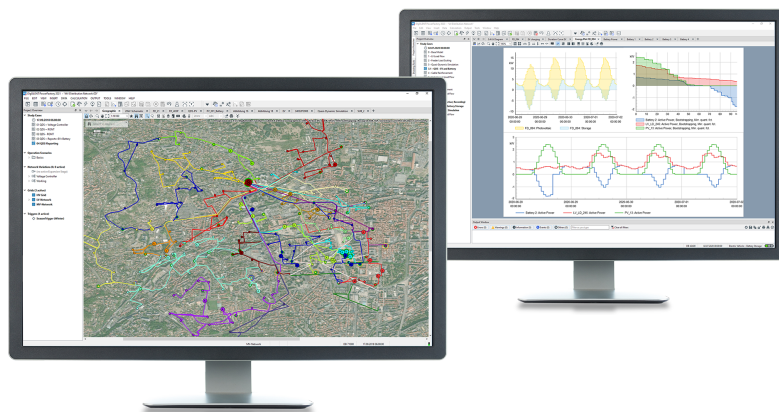
18 ТЕХНОЛОГІЧНІ ІННОВАЦІЇ, ЩО СТИМУЛЮЮТЬ РОЗВИТОК МІКРОМЕРЕЖ

Останні досягнення в галузі технологій значно підвищують ефективність та результативність мікромереж, позиціонуючи їх як важливі компоненти переходу до більш стійкої та надійної енергетичної системи. Ключові інновації включають інтеграцію інтелектуальних мереж, Інтернету речей (IoT) та штучного інтелекту (AI), кожна з яких сприяє створенню більш чутливої та адаптивної енергетичної системи.

18.1 Розумні мережі

Технологія розумних мереж представляє собою трансформаційний підхід до традиційних систем розподілу електроенергії. Використовуючи цифрові засоби комунікації та сучасну інфраструктуру обліку, розумні мережі забезпечують моніторинг та управління енергетичними потоками в режимі реального часу. Ця можливість дозволяє мікромережам оптимізувати виробництво та споживання енергії, підвищуючи загальну ефективність. Розумні мережі покращують інтеграцію різних джерел енергії, включаючи відновлювані, забезпечуючи безперебійну взаємодію між мікромережами та більшою національною мережею. Ця зв'язність допомагає збалансувати попит і пропозицію, зменшуючи випадки енергетичних втрат та забезпечуючи більш стабільне енергопостачання.

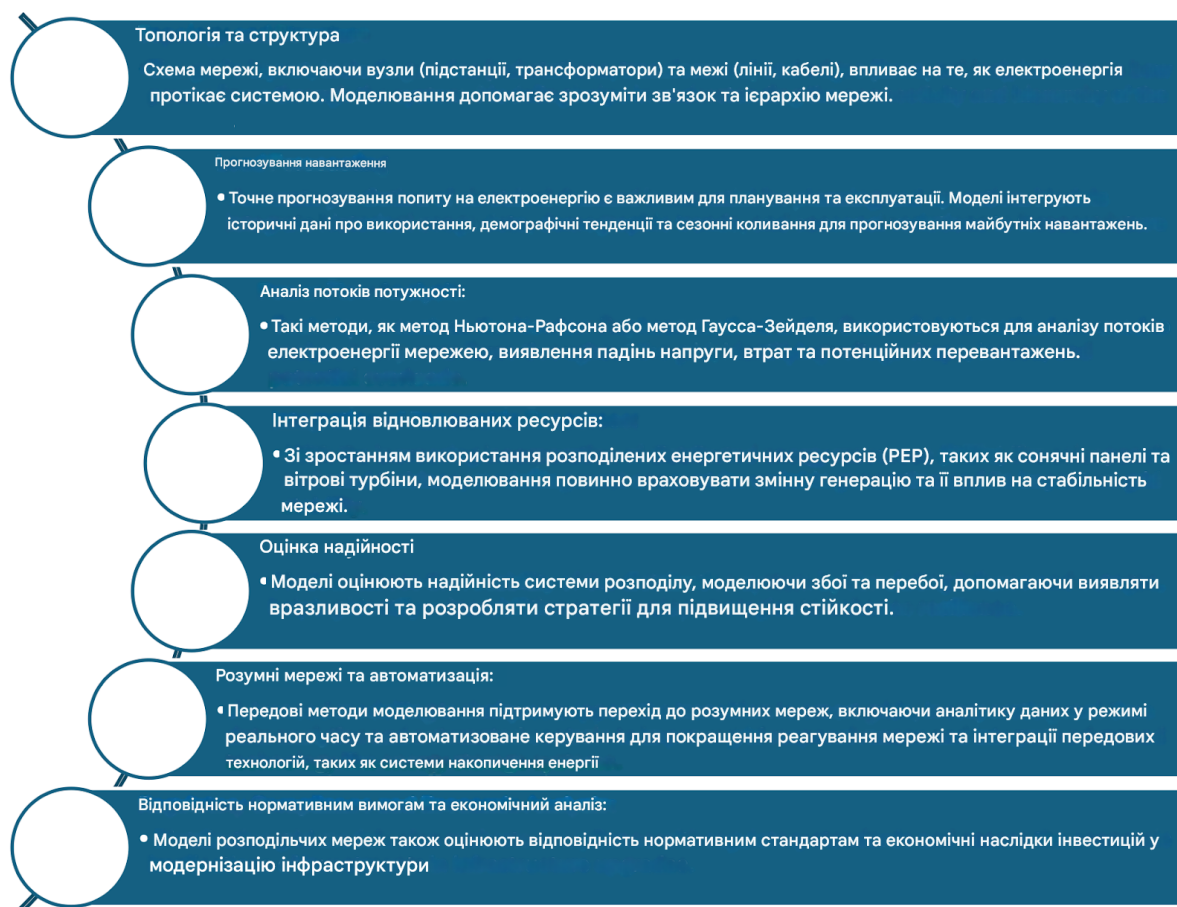
18.2 Програмне забезпечення для моделювання мереж



Моделювання розподільних мереж є важливим аспектом сучасної електротехніки, що зосереджується на ефективному управлінні та оптимізації систем розподілу електроенергії. Розподільні мережі слугують посередником між високовольтною мережею передачі та кінцевими споживачами, забезпечуючи надійне та ефективне постачання електроенергії.

Моделювання розподільних мереж є ітеративним процесом, в якому часто використовуються програмне забезпечення та інструменти для моделювання з метою уточнення результатів. Ефективне моделювання сприяє покращенню процесу прийняття рішень, підвищенню операційної ефективності та покращенню обслуговування споживачів.

Таблиця 18.1 - Застосування програмного забезпечення для моделювання розподільних мереж



18.3 Інтеграція IoT

Інтеграція Інтернету речей (IoT) в системи мікромереж революціонує управління енергією. Пристрої IoT, такі як інтелектуальні лічильники та датчики, збирають і передають дані про моделі споживання енергії, умови навколишнього середовища та продуктивність обладнання. Цей підхід, заснований на даних, дозволяє операторам приймати обґрунтовані рішення, оптимізувати розподіл енергії та проактивно вирішувати питання технічного обслуговування. Наприклад, технології IoT можуть сприяти профілактичному технічному обслуговуванню, аналізуючи показники продуктивності та попереджаючи операторів про потенційні проблеми, перш ніж вони загостряться. Крім того, IoT дозволяє споживачам контролювати своє енергоспоживання в режимі реального часу, сприяючи більшій економії енергії та підвищенню її ефективності.

18.4 Застосування штучного інтелекту

Штучний інтелект (ШІ) все частіше використовується для поліпшення роботи мікромереж. Алгоритми ШІ можуть аналізувати величезні обсяги даних, зібраних з пристроїв IoT, для виявлення тенденцій, прогнозування попиту на енергію та оптимізації розподілу ресурсів. Моделі машинного навчання можуть прогнозувати коливання у виробництві енергії з відновлюваних джерел, що дозволяє мікромережам відповідно коригувати свою роботу. Крім того, ШІ може підвищити стійкість мережі, забезпечуючи швидке реагування на перебої в роботі за допомогою автоматизованих процесів виявлення та усунення несправностей. Ця здатність до

інтелектуального прийняття рішень значно підвищує надійність та ефективність мікромережевих систем.

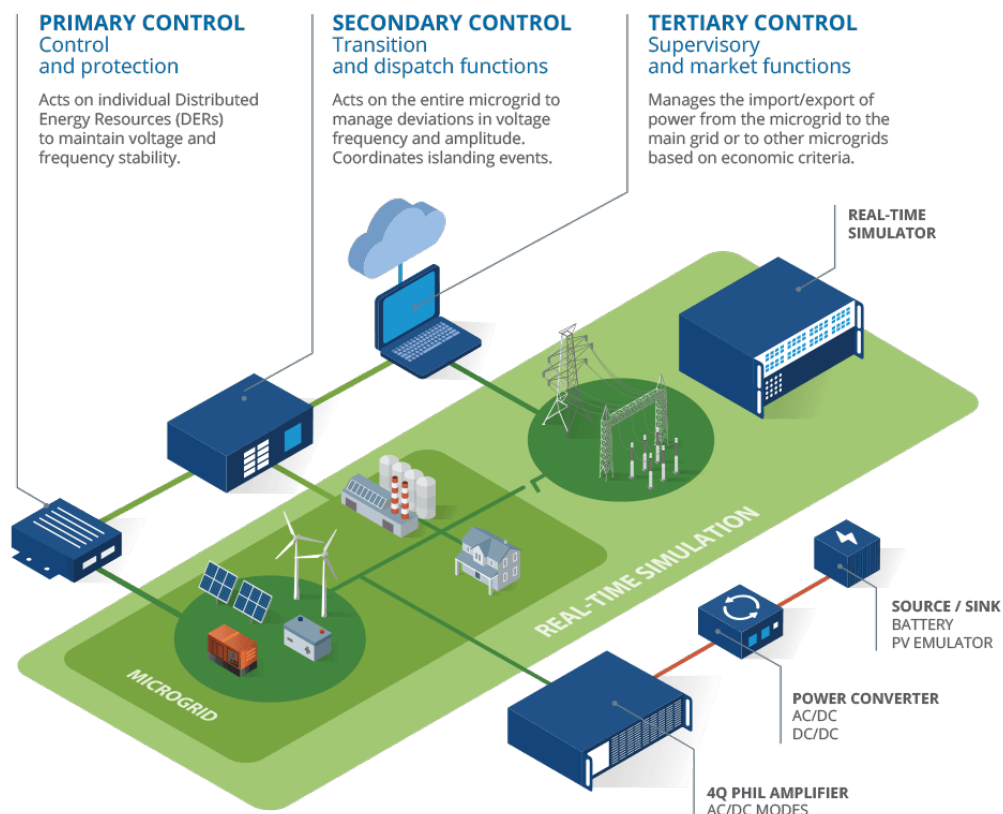


Рисунок18.1 - Система управління мікромережею на основі штучного інтелекту

Підсумовуючи, можна сказати, що конвергенція технологій розумних мереж, інтеграція Інтернету речей та застосування штучного інтелекту сприяють значному підвищенню ефективності та результативності мікромереж. Ці технологічні інновації не тільки покращують управління енергією, але й прокладають шлях до більш сталого та стійкого енергетичного майбутнього.

19 РОЛЬ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У МІКРОМЕРЕЖАХ

Відновлювані джерела енергії відіграють ключову роль у функціонуванні та життєздатності мікромережових систем, особливо в контексті енергетичного ландшафту України. Мікромережі, які є локалізованими енергетичними мережами, здатними працювати незалежно або у поєднанні з основною мережею, можуть отримати значну вигоду від інтеграції різних технологій відновлюваної енергії, включаючи сонячну, вітрову, біомасу та гідроелектроенергію. Кожне з цих джерел має унікальні переваги та виклики, які впливають на їх прийняття та впровадження.

19.1 Сонячна енергія

Сонячна енергія є одним з найбільш широко використовуваних відновлюваних ресурсів у системах мікромереж завдяки своїй масштабованості та зниженню витрат. В Україні середня інтенсивність сонячного випромінювання робить її ідеальним кандидатом для сонячних фотоелектричних (PV) установок. Сонячні мікромережі можуть забезпечити енергетичну незалежність сільських громад, зменшивши залежність від централізованих джерел енергії та покращивши енергетичну безпеку. Проекти мікромереж на базі сонячних електростанцій, є прикладом того, як чиста енергія може забезпечити надійне електропостачання в недостатньо забезпечених районах, сприяючи розвитку місцевої економіки.

19.2 Енергія вітру

Вітрова енергія є ще одним важливим джерелом для інтеграції мікромереж. Україна має значний вітровий потенціал, особливо в таких регіонах, як Запоріжжя та Миколаїв. Вітрові турбіни можуть доповнювати сонячну енергію, генеруючи електроенергію в різний час доби та року. Однак необхідно вирішити такі проблеми, як високі початкові інвестиційні витрати та необхідність пошуку відповідних майданчиків. Успішні проекти в цих регіонах можуть стати цінним досвідом для оптимізації використання вітрової енергії в рамках мікромереж.

19.3 Біомаса

Енергія біомаси пропонує стійке рішення шляхом перетворення органічних матеріалів на корисну енергію, сприяючи таким чином управлінню відходами та забезпечуючи відновлюване джерело енергії. В Україні сільськогосподарський сектор має багаті ресурси біомаси, що робить її життєздатним варіантом для мікромережових систем. Використання біомаси може підвищити енергетичну стійкість у сільських районах, де може бракувати традиційної енергетичної інфраструктури. Проте ця технологія вимагає ретельного управління для забезпечення стійкості та мінімізації викидів.

19.4 Гідроелектроенергія

Гідроелектроенергія є ще одним відновлюваним джерелом, яке можна використовувати в мікромережах, особливо в регіонах з відповідними водними ресурсами. Невеликі гідроелектростанції можуть забезпечувати стабільне виробництво енергії та сприяти енергетичній стійкості на місцевому рівні. В Україні існує потенціал для мікрогідроелектростанцій, особливо в гірських районах. Однак для забезпечення відповідального розвитку необхідно враховувати екологічні аспекти та нормативно-правові рамки.

19.5 Поточний стан в Україні

Поточний стан відновлюваних джерел енергії в Україні розвивається, а державна політика все більше підтримує інтеграцію відновлюваних джерел енергії в енергетичний баланс. Різні ініціативи, включаючи зелені тарифи та інвестиційні стимули, призвели до стрімкого зростання кількості проектів у сфері відновлюваних джерел енергії, особливо сонячної та вітрової. Однак такі виклики, як інфраструктурні обмеження, регуляторна невизначеність та фінансові перешкоди, залишаються актуальними. Оскільки Україна продовжує впроваджувати відновлювані джерела енергії в мікромережах, спільні зусилля для подолання цих викликів будуть мати вирішальне значення для реалізації повного потенціалу локалізованих енергетичних систем.

20 УПРАВЛІННЯ ДАНИМИ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА У МІКРОМЕРЕЖАХ

Оскільки мікромережі стають все більш невід'ємною частиною сучасних енергетичних систем, ефективне управління даними та надійні заходи кібербезпеки є необхідними для забезпечення їх операційної цілісності та захисту від потенційних загроз. Мікромережі генерують та використовують величезні обсяги даних, які можуть включати показники енергоспоживання в режимі реального часу, статистику генерації та показники ефективності системи. Ці дані мають вирішальне значення для оптимізації операцій, прогнозування потреб у технічному обслуговуванні та підвищення загальної ефективності. Однак управління такими даними пов'язане з низкою викликів, зокрема щодо їх безпеки та конфіденційності.

Однією з важливих проблем в управлінні даними є збір та зберігання конфіденційної інформації. Оператори мікромереж повинні забезпечити не тільки точність і доступність даних, але й їх захист від несанкціонованого доступу та порушень. Впровадження суворих заходів контролю доступу, шифрування даних та безпечних рішень для зберігання є важливими кроками для захисту цієї інформації. Крім того, регулярні аудити та перевірки відповідності можуть допомогти виявити вразливі місця та вдосконалити системи управління даними.

Кібербезпека має першочергове значення в контексті функціонування мікромереж. Зі зростанням залежності від пристроїв Інтернету речей (IoT) та інтелектуальних технологій мікромережі стають потенційними цілями для кібератак. Ці атаки можуть порушити енергопостачання, поставити під загрозу конфіденційні дані або призвести до фізичного пошкодження інфраструктури. Тому для зменшення цих ризиків надзвичайно важливо прийняти комплексну стратегію кібербезпеки. Ця стратегія повинна включати впровадження брандмауерів, систем виявлення вторгнень та постійного моніторингу аномалій.

Крім того, навчання співробітників та програми підвищення обізнаності є важливими компонентами системи кібербезпеки. Персонал повинен бути проінформований про найкращі практики обробки даних та виявлення потенційних кіберзагроз. Регулярні навчання та оновлення інформації про нові кіберзагрози можуть ще більше підвищити готовність організації.

Підсумовуючи, ефективне управління даними та надійні заходи кібербезпеки мають вирішальне значення для функціонування мікромереж. У міру розвитку технологій будуть необхідні проактивні стратегії для захисту цих локальних енергетичних систем від потенційних загроз, одночасно максимізуючи їх операційну ефективність та надійність.

21ГЕОГРАФІЧНІ ВИКЛИКИ ДЛЯ ВПРОВАДЖЕННЯ МІКРОМЕРЕЖ

На створення мікромереж в Україні значний вплив має її географічне та кліматичне різноманіття. Кожен регіон має свої унікальні виклики, які вимагають індивідуального підходу та планування з урахуванням особливостей місцевості для успішного впровадження мікромереж. Розуміння цих географічних факторів є необхідним для оптимізації функціональності та ефективності мікромереж по всій країні.

21.1 Кліматичні зміни

Україна має різноманітні кліматичні умови, від помірного континентального клімату в центральних і східних регіонах до більш помірного морського клімату вздовж узбережжя Чорного моря. Ці відмінності впливають на виробництво енергії, особливо з відновлюваних джерел. Наприклад, потенціал сонячної енергії максимальний у південних регіонах, де сонячне світло є в достатку, тоді як північні райони можуть мати довші зими, що впливає на виробництво сонячної енергії. Тому при проектуванні мікромереж у цих регіонах необхідно враховувати сезонні коливання у виробництві енергії та застосовувати надійні рішення для зберігання енергії, щоб забезпечити стабільне енергопостачання.

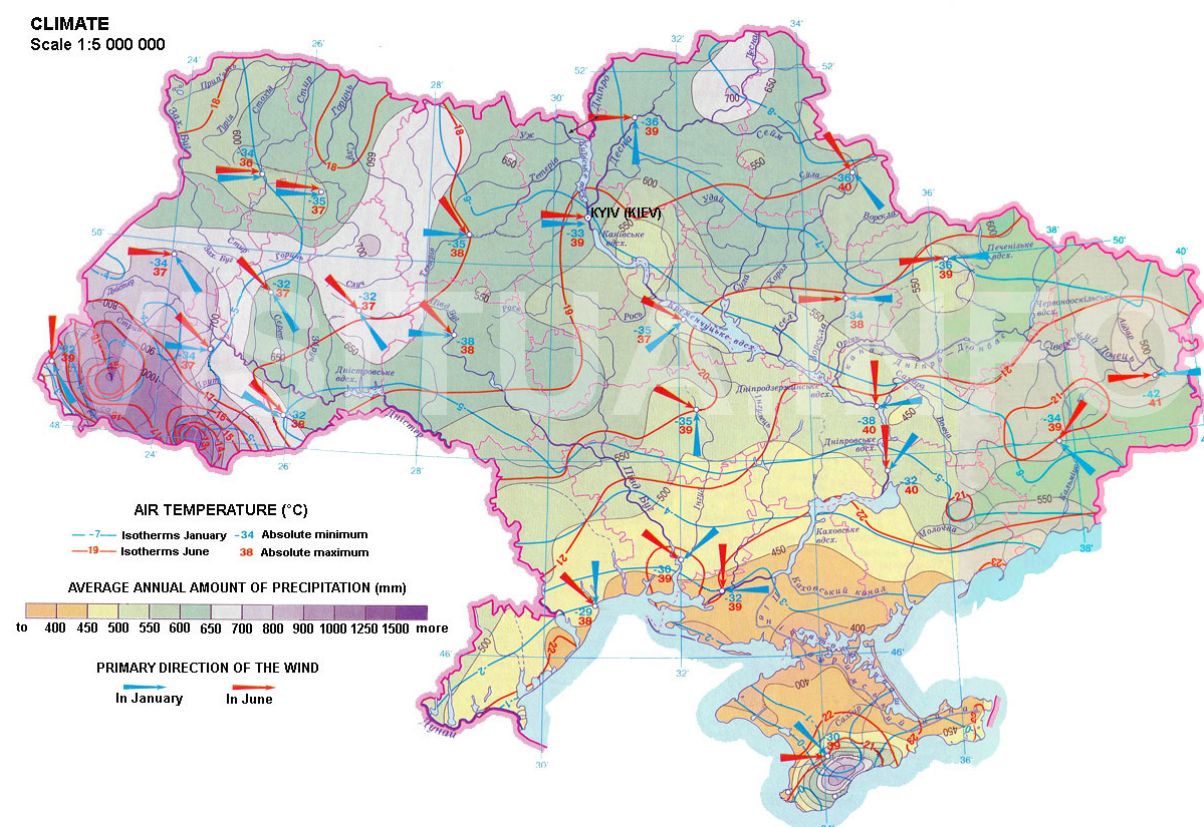


Рисунок 21.1 - Кліматична мапа України

21.2 Топографічні фактори

Різнорманітний рельєф України, що включає гори, рівнини та річки, також створює певні труднощі для впровадження мікромереж. Наприклад, гірські регіони можуть обмежувати можливість

використання певних відновлюваних технологій, таких як вітрові турбіни, через особливості вітрового режиму та проблеми з доступністю. Навпаки, рівнинні території центральної України пропонують сприятливі умови для виробництва сонячної та вітрової енергії. Планування з урахуванням особливостей місцевості має вирішальне значення для визначення оптимальних місць розташування енергогенеруючих установок, що дозволяють використовувати місцеві топографічні особливості та мінімізувати вплив на навколишнє середовище.

21.3 Інфраструктурні обмеження

У багатьох сільських районах існуюча інфраструктура може бути недостатньою для підтримки мікромережових систем. Відсутність надійних транспортних та комунікаційних мереж може перешкоджати встановленню та обслуговуванню компонентів мікромереж. Необхідно оцінити можливості місцевої інфраструктури та розробити стратегії для поліпшення зв'язку, чи то шляхом поліпшення доріг, чи то шляхом впровадження передових комунікаційних технологій. Це сприятиме інтеграції мікромереж у ширшу енергетичну мережу та підвищить ефективність їхньої роботи.

21.4 Регіональні аспекти

Успішні проекти мікромереж в Україні вимагатимуть регіональних адаптацій, що відображають місцеві потреби та ресурси. Участь громади в процесі планування може допомогти визначити конкретні енергетичні виклики та пріоритети, забезпечивши відповідність рішень щодо мікромереж культурним та екологічним особливостям. Крім того, використання місцевого досвіду у виробництві енергії може підвищити стійкість проектів та сприяти економічному розвитку.

Підсумовуючи, географічні та кліматичні фактори, що впливають на впровадження мікромереж в Україні, підкреслюють необхідність ретельного планування та адаптації до регіональних особливостей. Визнання цих викликів дозволить зацікавленим сторонам розробити ефективні стратегії впровадження рішень на основі мікромереж, що відповідають різноманітним енергетичним потребам країни.

22 ВЗАЄМОДІЯ ТА СПІВРОБІТНИЦТВО МІЖ СТЕЙКХОЛДЕРАМИ

Ефективна взаємодія та співпраця зацікавлених сторін є критично важливими компонентами успішного впровадження проектів мікромереж, особливо в контексті енергетичного ландшафту України, що постійно розвивається. Складність систем мікромереж вимагає комплексного підходу, що включає різноманітні зацікавлені сторони з різних секторів. Сприяючи міжсекторальним партнерствам та застосовуючи процеси спільного проектування, зацікавлені сторони можуть спільно вирішувати багатогранні виклики, пов'язані з впровадженням мікромереж.

22.1 Крос-секторальне партнерство

Створення міжсекторальних партнерств є необхідною умовою для розкриття потенціалу мікромереж. Це передбачає співпрацю між державними органами, приватними компаніями, неурядовими організаціями (НУО) та місцевими громадами. Кожна зацікавлена сторона має унікальний досвід, ресурси та перспективи, які можуть покращити результати проекту. Наприклад, державні органи можуть надавати регуляторну підтримку та фінансування, а приватні компанії можуть сприяти технологічним інноваціям та інвестиціям. НУО часто відіграють ключову роль у мобілізації громадськості та забезпеченні відповідності проектів місцевим потребам і пріоритетам.

В Україні використання існуючих мереж та сприяння створенню нових альянсів між зацікавленими сторонами може допомогти оптимізувати процес розвитку. Наприклад, партнерство між місцевими органами влади та компаніями, що працюють у сфері відновлюваної енергетики, може сприяти визначенню відповідних місць для встановлення мікромереж, а НУО можуть допомогти у проведенні інформаційно-просвітницької роботи серед громади з метою залучення громадської підтримки. Крім того, залучення наукових установ може забезпечити цінну інформацію для прийняття рішень та оптимізації проектів мікромереж завдяки проведенню досліджень та аналізу даних.

22.2 Спільна розробка

Процес спільного проектування передбачає активне залучення членів громади та зацікавлених сторін до етапів планування та прийняття рішень щодо проектів мікромереж. Такий підхід гарантує врахування потреб та уподобань місцевого населення, що призводить до рішень, які, швидше за все, будуть прийняті та підтримані. Взаємодія з громадами через семінари, публічні форуми та фокус-групи дозволяє зацікавленим сторонам збирати інформацію, вирішувати проблеми та будувати довіру.

Врахування відгуків місцевих жителів також може підвищити стійкість проектів. Наприклад, розуміння моделей енергоспоживання та переваг громади може допомогти у виборі відповідних технологій та систем. Крім того, завдяки формуванню у членів громади відчуття причетності до проекту, проекти мають більше шансів на успіх у довгостроковій перспективі, оскільки мешканці стають прихильниками їхнього подальшого функціонування та обслуговування.

22.3 Висновок

На закінчення слід зазначити, що залучення зацікавлених сторін та співпраця через міжгалузеві партнерства та процеси спільного проектування мають вирішальне значення для успішної реалізації проектів мікромереж в Україні. Використовуючи колективні сили різних зацікавлених сторін та активно залучаючи громади, ініціативи з мікромереж можуть подолати виклики та реалізувати свій повний потенціал у підвищенні енергетичної стійкості та сталого розвитку.

23 МЕТОДИ МОНІТОРИНГУ ТА ОЦІНЮВАННЯ

Ефективні методи моніторингу та оцінки (M&O) є необхідними для оцінки ефективності мікромереж та забезпечення їх постійного вдосконалення. Ці методи дають уявлення про операційну ефективність, надійність та загальний вплив систем мікромереж, сприяючи обґрунтованому прийняттю рішень та розподілу ресурсів. Ключовими компонентами M&O є встановлення показників успішності, процесів збору даних та механізмів зворотного зв'язку, що підтримують постійну оптимізацію.

23.1 Показники успішності

Для ефективної оцінки ефективності мікромереж можна використовувати ряд показників. Ключові показники ефективності (KPI) зазвичай включають:

1. Ефективність виробництва енергії: цей показник вимірює кількість енергії, виробленої мікромережею, відносно встановленої потужності. Висока ефективність свідчить про ефективне використання відновлюваних ресурсів.
2. Надійність та час безвідмовної роботи: цей показник оцінює здатність мікромережі забезпечувати безперебійне електропостачання. Такі показники, як середній час між відмовами (MTBF) та середній час ремонту (MTTR), допомагають оцінити надійність.
3. Економія витрат: оцінка фінансових вигод мікромережі має вирішальне значення. Сюди входять зниження витрат на енергію для споживачів, економія від зменшення залежності від центральної мережі та потенційні доходи від продажу надлишкової енергії назад у мережу.
4. Вплив на навколишнє середовище: Моніторинг скорочення викидів парникових газів та загального вуглецевого сліду мікромережі є життєво важливим для розуміння її внеску в досягнення цілей сталого розвитку.
5. Задоволеність користувачів: Збір відгуків від користувачів щодо їхнього досвіду використання мікромережі може надати якісну інформацію про її сприйняту цінність та ефективність.

23.2 Механізми збору та обробки зворотного зв'язку для безперервного вдосконалення

Впровадження надійних механізмів зворотного зв'язку є необхідним для формування культури безперервного вдосконалення в системах мікромереж. Ці механізми можуть включати:

1. Моніторинг даних у реальному часі: Використання передових технологій моніторингу, таких як датчики IoT та інтелектуальні лічильники, дозволяє операторам збирати дані в реальному часі про виробництво енергії, споживання та продуктивність системи. Ці дані можна аналізувати для виявлення тенденцій та аномалій, що дозволяє здійснювати проактивне управління.
2. Регулярні огляди продуктивності: планові оцінки продуктивності мікромереж на основі встановлених ключових показників ефективності допомагають зацікавленим сторонам виявляти області, що потребують вдосконалення. Ці огляди можуть включати спільні обговорення між операторами, членами спільноти та технічними експертами з метою розробки практичних стратегій.
3. Залучення користувачів та опитування: регулярне отримання відгуків від користувачів за допомогою опитувань або форумів громади може надати цінну інформацію про їхній

досвід та рівень задоволеності. Таке залучення сприяє формуванню почуття причетності та заохочує користувачів брати участь у постійному розвитку мікромережі.

4. Адаптивні практики управління: Наголос на гнучкості операційних стратегій дозволяє вносити корективи на основі даних про ефективність та відгуків користувачів. Такий адаптивний підхід гарантує, що мікромережеві системи залишаються чутливими до мінливих умов, потреб користувачів та технологічних досягнень.

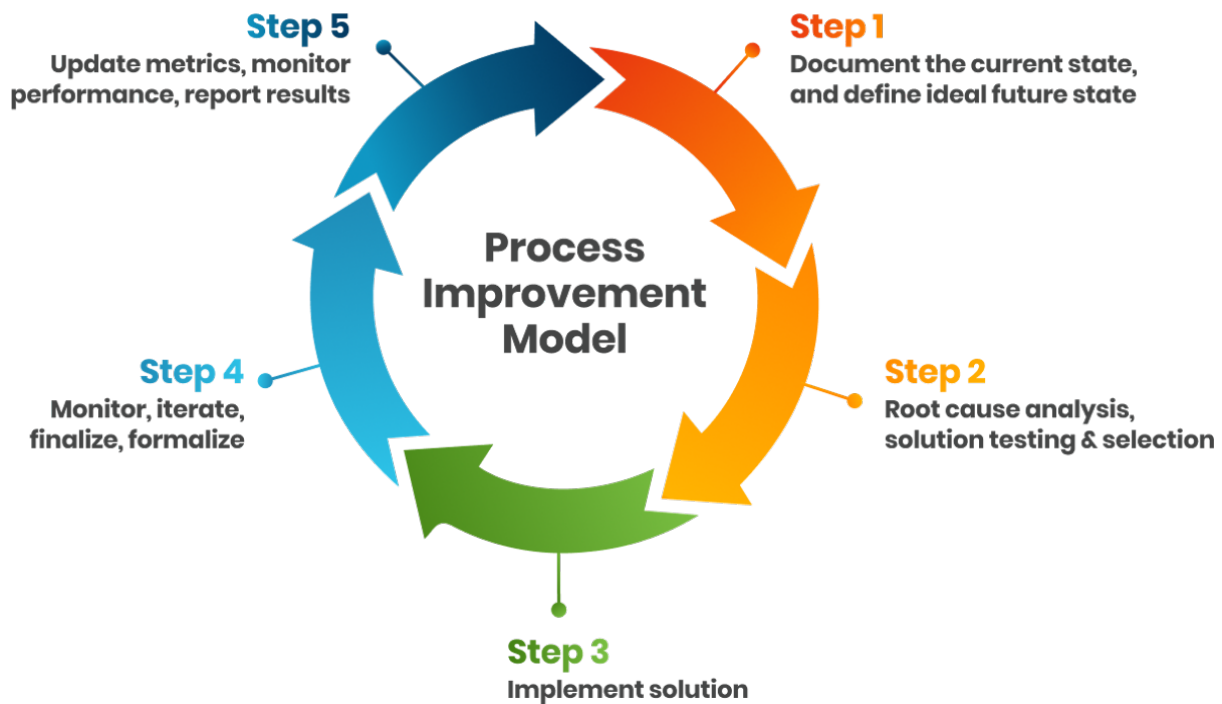


Рисунок 23.1 - Модель вдосконалення процесів

Завдяки впровадженню ефективних методів моніторингу та оцінки оператори мікромереж можуть підвищити ефективність та стійкість своїх систем, що в кінцевому підсумку сприятиме створенню більш стійкого енергетичного майбутнього.

24 ІНФОРМАЦІЙНІ КАМΠΑНІЇ З ПІДВИЩЕННЯ ІНФОРМОВАНOSTІ ГРОМАДСЬКОСТІ

Інформаційні кампанії відіграють важливу роль у просвіті громад щодо переваг мікромереж та заохоченні їх до участі в ініціативах з відновлюваної енергетики. Ефективні кампанії використовують багатогранний підхід, поєднуючи освіту, залучення та розширення можливостей для сприяння глибшому розумінню технології мікромереж та її переваг.

24.1 Освітні семінари та громадські заходи

Однією з найефективніших стратегій підвищення обізнаності про мікромережі є організація освітніх семінарів та громадських заходів. Ці зібрання надають експертам платформу для обміну інформацією про те, як працюють мікромережі, їхні потенційні переваги та роль у підвищенні енергетичної стійкості та сталого розвитку. Запрошуючи членів громади, місцевих лідерів та зацікавлені сторони, ці заходи можуть сприяти обговоренню місцевих енергетичних потреб та конкретних переваг впровадження рішень на основі мікромереж. Практичні демонстрації технології мікромереж можуть ще більше зацікавити учасників, зробивши концепції більш конкретними та зрозумілими.

24.2 Соціальні мережі та діджитал-кампанії

У сучасну цифрову епоху соціальні мережі та онлайн-платформи є потужними інструментами для поширення інформації та підвищення обізнаності. Кампанії, що використовують канали соціальних медіа, можуть охопити ширшу аудиторію, особливо молоде покоління, яке більш схильне до взаємодії з цифровим контентом. Інформаційні публікації, інфографіка, відео та історії успіху існуючих проєктів мікромереж можуть бути поширені для ілюстрації позитивного впливу мікромереж та заохочення участі громади. Інтерактивні кампанії, такі як опитування або сесії питань і відповідей, також можуть сприяти залученню та вирішенню будь-яких помилкових уявлень або занепокоєнь щодо впровадження мікромереж.

24.3 Співпраця з місцевими організаціями

Партнерство з місцевими організаціями, такими як некомерційні організації, громадські групи та навчальні заклади, може посилити інформаційні кампанії. Ці організації часто мають налагоджені відносини в громаді і можуть сприяти розширенню охоплення. Співпраця також може включати спільні ініціативи, такі як енергетичні аудити громади або ярмарки сталого розвитку, де переваги мікромереж можуть бути продемонстровані поряд з іншими рішеннями у сфері відновлюваної енергії. Працюючи разом, зацікавлені сторони можуть створити єдине повідомлення та використовувати ресурси для більш ефективної кампанії.

24.4 Стимулювання участі

Щоб заохотити громаду до участі в ініціативах з мікромереж, інформаційні кампанії можуть також висвітлювати доступні стимули, такі як гранти, податкові пільги або субсидії для впровадження технологій відновлюваної енергії. Надання чіткої інформації про те, як мешканці можуть отримати фінансову вигоду від участі в проєктах мікромереж, може мотивувати окремих осіб та підприємства до активної участі. Крім того, демонстрація історій успіху подібних громад може слугувати потужними свідченнями, що демонструють відчутні переваги систем мікромереж.

Підсумовуючи, інформаційні кампанії, спрямовані на просування мікромереж, повинні надавати пріоритет освіті, використовувати цифрові платформи для поширення інформації, сприяти залученню громади через місцеві партнерства та висвітлювати доступні стимули. Застосовуючи ці стратегії, кампанії можуть ефективно підвищити обізнаність та заохотити участь громади в ініціативах з мікромереж, прокладаючи шлях до більш сталого енергетичного майбутнього.

25 МІЖНАРОДНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО ТА ОБМІН ЗНАННЯМИ

Міжнародне співробітництво відіграє ключову роль у просуванні технології мікромереж та передачі знань в Україні, зокрема через партнерства з іноземними урядами та неурядовими організаціями (НУО). Таке співробітництво не тільки сприяє обміну передовим досвідом, але й забезпечує фінансові ресурси, технічні знання та ініціативи з нарощування потенціалу, необхідні для успішного впровадження мікромереж.

25.1 Співпраця з іноземними урядами

Кілька іноземних урядів визнали стратегічну важливість енергетичної незалежності для України та долучилися до спільних зусиль з підтримки розвитку мікромереж. Наприклад, Агентство США з міжнародного розвитку (USAID) відіграло важливу роль у фінансуванні проектів, що підвищують енергетичну стійкість України. Завдяки таким ініціативам, як Проект енергетичної безпеки, USAID надало технічну допомогу в проектуванні та впровадженні систем мікромереж, зосередившись на інтеграції відновлюваних джерел енергії та покращенні місцевих можливостей управління енергією.

Крім того, набирає обертів співпраця з європейськими країнами. Такі країни, як Німеччина та Швеція, поділилися своїм досвідом у сфері інтеграції відновлюваних джерел енергії та технологій розумних енергомереж. Ці партнерські відносини часто включають спільні дослідницькі ініціативи, семінари та навчальні програми, які надають українським фахівцям необхідні навички для експлуатації та обслуговування передових технологій мікромереж.

25.2 Участь неурядових організацій (НУО)

НУО відіграють важливу роль у сприянні передачі знань у сфері мікромереж в Україні. Такі організації, як Партнерство з відновлюваної енергії та енергоефективності (REEEP) та Міжнародне агентство з відновлюваної енергії (IRENA), активно працюють над просуванням практик сталого енергоспоживання. Ці НУО організовують семінари, тренінги та онлайн-платформи навчання, що зосереджуються на технологіях мікромереж, фінансуванні проектів та стратегіях залучення громад.

Крім того, НУО часто виступають посередниками між місцевими громадами та міжнародними партнерами. Вони допомагають визначити конкретні енергетичні потреби та виклики, з якими стикаються громади, забезпечуючи адаптацію співпраці до місцевих умов. Такий підхід на низовому рівні сприяє залученню громад та підтримує реалізацію проектів мікромереж, які відповідають унікальним енергетичним потребам різних регіонів України.

25.3 Програми з передачі знань

Програми передачі знань є важливою складовою міжнародної співпраці. Ці програми передбачають обмін досвідом, технічними знаннями та найкращими практиками між зацікавленими сторонами. Наприклад, партнерства можуть включати програми наставництва, в рамках яких досвідчені технічні фахівці з країн-партнерів проводять навчання для українських інженерів та операторів. Такі ініціативи не тільки сприяють розвитку місцевого потенціалу, але й стимулюють інновації, оскільки місцеві фахівці адаптують вивчені практики до українських умов.

Підсумовуючи, міжнародне співробітництво з іноземними урядами та НУО значно покращує передачу знань у сфері розгортання мікромереж в Україні. Використовуючи ці партнерства, Україна може прискорити перехід до більш стійкого та сталого енергетичного майбутнього, спираючись на світовий досвід та найкращі практики для розробки рішень, що відповідають її унікальним енергетичним викликам.

26СТІЙКІСТЬ ДО КРИЗОВИХ СИТУАЦІЙ ЗАВДЯКИ МІКРОМЕРЕЖАМ

Мікромережі відіграють вирішальну роль у підвищенні стійкості до кризових ситуацій, особливо в умовах війни або стихійних лих. Забезпечуючи локалізовані та надійні джерела енергії, мікромережі можуть підтримувати критично важливі послуги та надавати допомогу громадам під час надзвичайних ситуацій. Триваючий конфлікт в Україні є прикладом того, як мікромережі можуть стати рятівним колом у кризові часи, а інші регіони, що постраждали від конфліктів, ілюструють їх більш широке застосування.

В Україні війна призвела до значних порушень у роботі національної енергетичної мережі, що зробило багато громад вразливими до відключень електроенергії. Мікромережі, оснащені відновлюваними джерелами енергії, такими як сонячні панелі та акумуляторні батареї, стали життєздатним рішенням для забезпечення безперебійного електропостачання. Мікромережі здатні не тільки забезпечувати енергією під час відключень, але й сприяв розвитку місцевої економіки, зменшивши залежність від зовнішніх джерел енергії. Цей проект є прикладом того, як мікромережі можуть надати громадам можливість відновити контроль над своїми енергетичними потребами, підвищуючи стійкість в умовах конфлікту.

Інші регіони, які також постраждали від конфлікту, демонструють універсальність мікромереж. У Сирії, де інфраструктура була серйозно пошкоджена роками війни, мікромережі використовуються для відновлення доступу до електроенергії для переміщених осіб. Ці системи часто включають відновлювані джерела енергії, що дозволяє швидше відновити роботу та зменшити залежність від традиційних джерел палива, які можуть бути дефіцитними в кризових ситуаціях. Стійкість, яку забезпечують мікромережі, дозволяє громадам підтримувати такі важливі послуги, як охорона здоров'я та зв'язок, які є критично важливими для забезпечення громадської безпеки та добробуту.

Таблиця 26.1 - Спектр стійкості енергомережі

No Resiliency	Partially Resilient Not Seamless	Partially Resilient Seamless	Fully Resilient Seamless
1	2	3	4
- Full loss of power during loss of utility (LOU) connection - Power does not return until utility connection restored	- Full loss of power during LOU - On-site emergency generators support a portion of critical loads, but temporary outage until they can come online	- Microgrid provides seamless transition to critical facility loads during LOU - Remainder of non-critical loads are not supported until utility connection restored, or stand-by generators come online	- Microgrid provides seamless transition to all facility loads during LOU - Facility can seamlessly reconnect to utility when safe

Крім того, мікромережі можуть бути спроектовані з урахуванням готовності до надзвичайних ситуацій, включаючи резервні можливості, що забезпечують функціонування основних об'єктів під час катастроф. Такий проактивний підхід не тільки пом'якшує безпосередні наслідки криз, але й сприяє швидшому відновленню, забезпечуючи стабільне енергопостачання для відновлювальних робіт.



Таблиця 26.2 - Баланс між вартістю, стійкістю та екологічністю

Підсумовуючи, мікромережі підвищують стійкість до криз, забезпечуючи надійні енергетичні рішення під час конфліктів та природних катастроф. Досвід України та інших регіонів, що постраждали від конфліктів, підкреслює важливість локалізованих енергетичних систем для підтримки основних послуг та сприяння розширенню можливостей громад у скрутні часи.

27СТІЙКА ІНФРАСТРУКТУРА ТА РОЗВИТОК МІСТ

Взаємозв'язок між системами мікромереж та розвитком міської інфраструктури все частіше визнається основою принципів стійкого проектування в сучасних міських середовищах. У той час як міста стикаються з такими викликами, як зміна клімату, зростання населення та енергетична незахищеність, мікромережі пропонують трансформаційне рішення, яке підвищує стійкість міст та сприяє сталому розвитку.

Мікромережі — це локалізовані енергетичні системи, які можуть працювати незалежно або у поєднанні з більшою мережею. Вони інтегрують різні відновлювані джерела енергії, такі як сонячна та вітрова, у поєднанні з рішеннями для зберігання енергії, щоб забезпечити надійне енергопостачання, адаптоване до місцевих потреб. У міських умовах, де попит на енергію є високим, а інфраструктура часто перевантажена, мікромережі можуть полегшити тиск на традиційні енергетичні системи, забезпечуючи децентралізоване виробництво та споживання енергії.

Розвиток міської інфраструктури значно виграє від впровадження технології мікромереж. По-перше, мікромережі можуть підвищити надійність енергопостачання критичної інфраструктури, включаючи лікарні, школи та служби екстреної допомоги. У кризові часи, такі як стихійні лиха або відмови енергомереж, мікромережі можуть працювати в «острівному режимі», забезпечуючи функціонування основних служб. Ця здатність не тільки захищає здоров'я та безпеку населення, але й сприяє зміцненню довіри та стабільності в громаді.

Крім того, інтеграція мікромереж у містобудування сприяє використанню відновлюваних джерел енергії, тим самим зменшуючи викиди парникових газів і сприяючи досягненню більш широких цілей сталого розвитку. Міста, які впроваджують системи мікромереж, можуть відмовитися від залежності від викопного палива, приєднавшись до глобальних зусиль у боротьбі зі зміною клімату. Використовуючи місцеві ресурси, такі як сонячні панелі на дахах або міські вітрогенератори, міста можуть підвищити енергетичну незалежність, створюючи при цьому «зелені» робочі місця та стимулюючи місцеву економіку.

Принципи стійкого проектування в міських середовищах також підкреслюють важливість залучення громади та партисипативного управління. Залучення місцевих зацікавлених сторін до розробки та експлуатації мікромереж сприяє формуванню відчуття причетності та забезпечує відповідність енергетичних рішень потребам громади. Такий інклюзивний підхід не тільки підвищує ефективність мікромережових систем, але й надає мешканцям можливість активно брати участь у формуванні свого енергетичного майбутнього.

Підсумовуючи, взаємодія систем мікромереж та розвитку міської інфраструктури підкреслює важливість принципів стійкого проектування у створенні стійких, надійних та орієнтованих на громаду енергетичних рішень у міських умовах. У міру розвитку міст мікромережі відіграватимуть ключову роль у вирішенні викликів сучасності, сприянні стійкості та просуванні сталого енергетичного майбутнього.

28 ОСВІТНІ ПРОГРАМИ ТА РОЗВИТОК ПРОФЕСІЙНИХ КОНФЕРЕНЦІЙ

У міру зростання попиту на кваліфікованих фахівців у галузі технологій мікромереж та систем відновлюваної енергії з'являються різні освітні ініціативи, спрямовані на підготовку кадрів, які вміють експлуатувати та обслуговувати ці критично важливі інфраструктури. Ці програми мають на меті не тільки надати теоретичні знання, але й оснастити студентів практичними навичками, необхідними для розвитку енергетичного сектору в Україні.

28.1 Університетські програми

Кілька університетів в Україні почали інтегрувати спеціалізовані курси та програми, орієнтовані на відновлювані джерела енергії та технології мікромереж. Такі навчальні заклади, як Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського» та Львівський політехнічний національний університет, пропонують навчальні програми, що поєднують інженерні принципи з застосуванням відновлюваних джерел енергії. Ці програми часто включають практичні лабораторні роботи, проектне навчання та стажування на підприємствах, що дозволяє студентам отримати реальний досвід у проектуванні, експлуатації та управлінні системами мікромереж.

28.2 Професійна підготовка та сертифікація

Окрім університетської освіти, програми професійної підготовки відіграють важливу роль у розвитку навичок робочої сили. Технічні школи все частіше пропонують сертифікаційні курси з технологій відновлюваної енергії, енергоефективності та експлуатації мікромереж. Ці короткострокові програми призначені для швидкого підвищення кваліфікації працівників, зокрема у будівельному та електротехнічному секторах, що дозволяє їм брати участь у швидкозростаючому ринку відновлюваної енергії. Партнерство з лідерами галузі гарантує, що навчання є актуальним і відповідає сучасним технологічним досягненням.

28.3 Державно-приватне партнерство

Державно-приватне партнерство відіграє важливу роль у сприянні освітнім ініціативам, що підтримують технологію мікромереж. Співпраця між державними органами та приватними компаніями може призвести до розробки навчальних програм, адаптованих до конкретних потреб галузі. Наприклад, енергетичні компанії можуть спонсорувати семінари або тренінги для технічного персоналу, надаючи інформацію про новітні технології та найкращі практики в управлінні мікромережами. Таке партнерство не тільки покращує навички робочої сили, але й сприяє передачі знань між науковими колами та промисловістю, створюючи згуртовану енергетичну екосистему.

Таблиця 28.1 - Десять принципів успішного державно-приватного партнерства

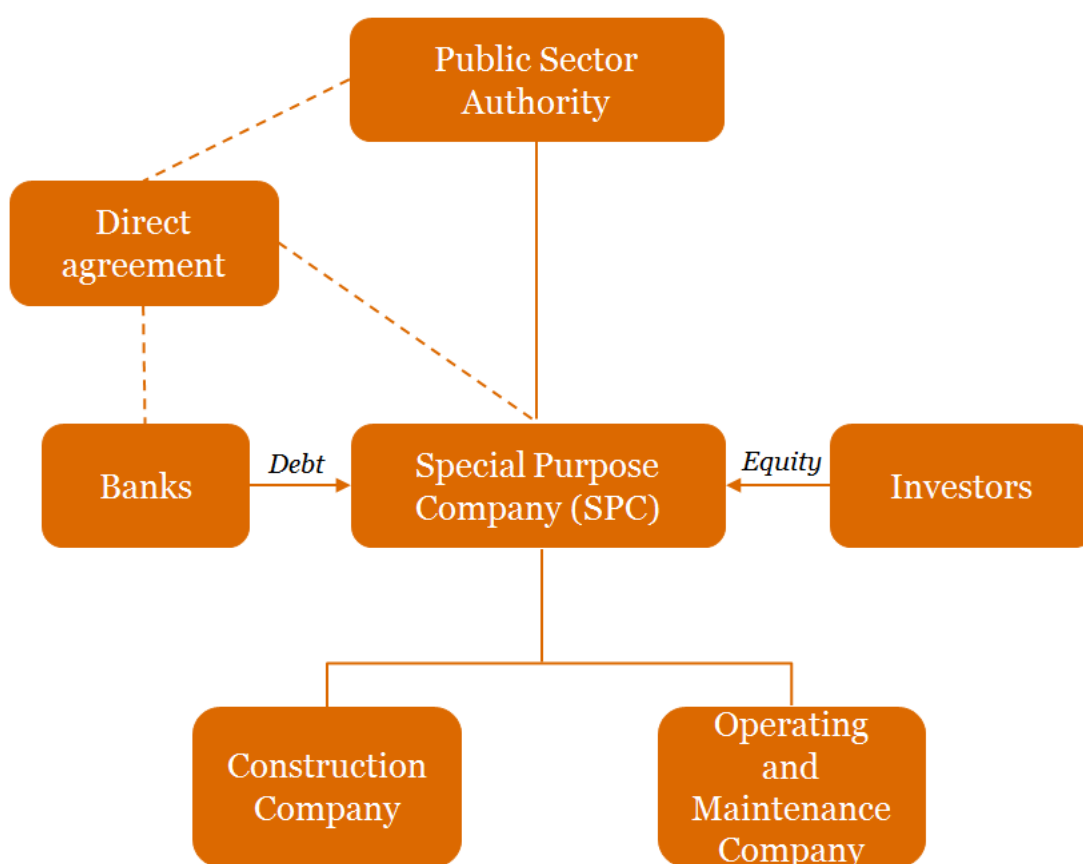


Рисунок 28.1 - Взаємодія в рамках державно-приватного партнерства

28.4 Залучення та інформування громад

Залучення громад є надзвичайно важливим для підвищення обізнаності про кар'єрні можливості у сфері технологій мікромереж та відновлюваних джерел енергії. Освітні програми, спрямовані на школи та місцеві громади, можуть викликати інтерес у молодого покоління, заохочуючи його до кар'єри у цій галузі. Можна організовувати семінари, практичні заняття та демонстрації, щоб проілюструвати практичне застосування систем мікромереж та їхні переваги для місцевих громад. Сприяючи розвитку культури сталого розвитку та інновацій, ці ініціативи можуть надихнути нове покоління фахівців у галузі енергетики.

Підсумовуючи, можна сказати, що багатогранний підхід до освіти та розвитку навичок є необхідним для формування кадрового потенціалу, здатного впоратися з викликами та можливостями, які відкривають технології мікромереж та системи відновлюваної енергетики в Україні. Завдяки університетським програмам, професійному навчанню, державно-приватним партнерствам та залученню громад можна закласти основу для формування кваліфікованих кадрів, що прокладе шлях до сталого енергетичного майбутнього.

29 ІНТЕГРАЦІЯ РІШЕНЬ ЗІ ЗБЕРІГАННЯ ЕНЕРГІЇ

Впровадження рішень зі зберігання енергії в проектах мікромереж має вирішальне значення для підвищення ефективності та надійності, особливо в таких регіонах, як Україна, де енергетична стійкість має першочергове значення. Системи зберігання енергії (ESS) відіграють ключову роль в управлінні перебоями у постачанні відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна та вітрова, забезпечуючи стабільне та надійне енергопостачання незалежно від коливань у виробництві.

Однією з основних переваг інтеграції систем зберігання енергії в мікромережі є можливість зберігати надлишкову енергію, вироблену в періоди пікового навантаження, для використання в періоди високого попиту або низького виробництва. Наприклад, у сонячні дні сонячні панелі можуть виробляти більше електроенергії, ніж потрібно в даний момент. За допомогою системи зберігання енергії цей надлишок сонячної енергії можна зібрати і зберегти для подальшого використання, тим самим знизивши залежність від енергомережі та зменшивши витрати споживачів на енергію.

Крім того, рішення для зберігання енергії підвищують надійність мікромереж, забезпечуючи резервне живлення під час відключень. У разі відмови електромережі системи зберігання енергії можуть автоматично переключитися на постачання енергії до критично важливих об'єктів, таких як лікарні, служби екстреної допомоги та громадські центри. Ця можливість є особливо важливою в районах, що постраждали від конфлікту, таких як Україна, де часто можуть відбуватися перебої в електропостачанні. Забезпечуючи безперебійне енергопостачання, мікромережі, оснащені ESS, можуть допомогти пом'якшити наслідки відключень і підвищити загальну стійкість громади.

Інтеграція систем зберігання енергії також сприяє переходу до більш чистих джерел енергії, полегшуючи включення більшої кількості відновлюваної енергії в мікромережу. У міру розвитку технологій зберігання енергії витрати, пов'язані з цими системами, зменшуються, що робить їх більш доступними для широкого впровадження. Такі інновації, як літій-іонні батареї, та нові технології, такі як проточні батареї та твердотільні батареї, відкривають шлях до більш ефективних і довговічних рішень для зберігання енергії.

Таблиця 29.1 - Послуги і вигоди систем зберігання енергії

Категорії					
Послуги	Накопичення енергії	Допоміжні послуги	Транспортна інфраструктура	Розподільна інфраструктура	Управління енергією споживачів
	Арбітраж	Регулювання частоти	Відкладена модернізація мережі	Відкладена модернізація мережі	Якість електроенергії
		Енергетичний резерв			Енергетична стійкість
		Підтримка напруги	Управління перевантаженнями	Підтримка напруги	Енергетичний арбітраж
	Підтримка живлення	Згасання напруги			Управління попитом
		Співування за навантаженням			

Крім того, впровадження сучасних систем управління енергією дозволяє оптимізувати роботу систем зберігання енергії разом із джерелами її генерації. Ці системи можуть аналізувати дані про виробництво та споживання енергії в режимі реального часу, що дозволяє мікромережам приймати обґрунтовані рішення про те, коли зберігати енергію, а коли використовувати її із систем зберігання. Таке динамічне управління не тільки максимізує ефективність, але й мінімізує втрати, сприяючи створенню більш стійкої енергетичної моделі.

Підсумовуючи, інтеграція рішень для зберігання енергії в проекти мікромереж є необхідною для підвищення ефективності та надійності. Забезпечуючи можливість зберігання надлишкової відновлюваної енергії, надаючи резервне живлення та сприяючи переходу на більш чисті джерела енергії, системи зберігання енергії є критично важливим компонентом сучасної інфраструктури мікромереж, особливо в таких регіонах, як Україна, які потребують надійних та стійких енергетичних рішень.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

У звіті про мікромережі в Україні підкреслюється значний потенціал цих локалізованих енергетичних систем для підвищення енергетичної стійкості, сприяння сталому розвитку та підтримки інтеграції відновлюваних ресурсів. Протягом аналізу стає очевидним, що мікромережі можуть відігравати ключову роль у вирішенні унікальних енергетичних викликів України, особливо в контексті поточних геополітичних напружень та вразливості інфраструктури.

Результати дослідження показують, що мікромережі можуть значно сприяти енергетичній незалежності, зменшуючи залежність від імпортованих викопних палив та забезпечуючи локалізоване електропостачання під час відключень. Крім того, вони пропонують екологічні переваги завдяки інтеграції відновлюваних джерел енергії, що відповідає зобов'язанням України щодо пом'якшення наслідків зміни клімату. Мікромережі мають позитивний вплив на місцеві громади, включаючи створення робочих місць та підвищення енергетичної справедливості.

Для максимізації переваг мікромереж в Україні можна надати кілька рекомендацій для політиків, зацікавлених сторін та майбутніх напрямків досліджень:

1. Політична підтримка: Політики повинні продовжувати розробляти надійну нормативно-правову базу, яка стимулює розгортання мікромереж, включаючи спрощені процеси отримання дозволів та механізми фінансової підтримки, такі як гранти та пільгові кредити. Приведення національної енергетичної політики у відповідність до європейських стандартів покращить інвестиційні можливості.
2. Залучення зацікавлених сторін: Залучення місцевих громад та зацікавлених сторін до процесів планування та прийняття рішень має вирішальне значення. Слід докласти зусиль для інформування та залучення мешканців до проектів мікромереж, щоб рішення відповідали місцевим потребам і сприяли формуванню відчуття причетності.
3. Інвестиції в дослідження та розробки: Майбутні дослідження повинні бути зосереджені на оптимізації технологій мікромереж, включаючи передові рішення для зберігання енергії та інтеграцію інтелектуальних мереж. Співпраця з академічними установами та міжнародними партнерами може сприяти передачі знань та стимулювати інновації.
4. Нарощування потенціалу: Розробка освітніх програм та ініціатив з професійної підготовки забезпечить робочу силу необхідними навичками в галузі експлуатації мікромереж та технологій відновлюваної енергії. Державно-приватне партнерство може посилити ці освітні зусилля, гарантуючи їх відповідність потребам галузі.
5. Пілотні проекти: Реалізація пілотних проектів мікромереж у різних географічних умовах може надати цінну інформацію про найкращі практики та виклики. Ці проекти можуть слугувати демонстраційними майданчиками для масштабування успішних моделей мікромереж по всій країні.

Використовуючи висновки цього звіту та впроваджуючи ці рекомендації, Україна може реалізувати весь потенціал мікромереж для побудови більш стійкого, сталого та справедливого енергетичного майбутнього.

ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. **Міжнародне агентство з відновлюваних джерел енергії (IRENA).** (2020). *Вартість виробництва відновлюваної енергії у 2020 році*. Отримано з [IRENA.org](https://www.irena.org)
2. **Агентство США з міжнародного розвитку (USAID).** (2021). *Проект енергетичної безпеки в Україні*. Отримано з [USAID.gov](https://www.usaid.gov)
3. **Європейський банк реконструкції та розвитку (ЄБРР).** (2022). *Фінансування проектів з відновлюваної енергетики в Україні*. Отримано з [EBRD.com](https://www.ebrd.com)
4. **Міністерство енергетики та екологічної безпеки України.** (2021). *Національний план дій у сфері відновлюваної енергетики для України*. Отримано з me.gov.ua
5. **Світовий банк.** (2020). *Україна: Програма відновлення енергетичного сектору*. Отримано з [WorldBank.org](https://www.worldbank.org)
6. **Європейський Союз.** (2021). *Енергетична співпраця між ЄС та Україною*. Завантажено з [EU.eu](https://eu.eu)
7. **Заруба, С.** (2022). *Розвиток мікромереж в Україні: виклики та можливості. Енергетична політика*, 145, 111928. doi:10.1016/j.enpol.2020.111928
8. **Українська асоціація відновлюваної енергетики (УАВЕ).** (2022). *Стан відновлюваної енергетики в Україні: звіт за 2021 рік*. Отримано з [UREA.org.ua](https://ura.org.ua)
9. **Бейкер, Дж.** (2020). *Мікромережі як рішення для енергетичної стійкості в Україні. Журнал енергозбереження*, 32, 101820. doi:10.1016/j.est.2020.101820
10. **Ковальчук, В.** (2021). *Участь громади в проектах мікромереж: уроки України. Сталі міста та суспільство*, 65, 102675. doi:10.1016/j.scs.2021.102675
11. **Програма розвитку Організації Об'єднаних Націй (ПРООН).** (2021). *Відновлювані джерела енергії та енергоефективність в Україні: Звіт про прогрес*. Отримано з undp.org
12. **Міжнародне енергетичне агентство (МЕА).** (2020). *Відновлювані джерела енергії 2020: аналіз та прогнози до 2025 року*. Отримано з [IEA.org](https://www.iea.org)
13. **Інститут відновлюваних джерел енергії.** (2022). *Технологічні інновації в системах мікромереж*. Отримано з ire.org.ua
14. **Гонсалес, М. та Сміт, Т.** (2021). *Роль зберігання енергії в системах мікромереж. Енергетичні звіти*, 7, 52-60. doi:10.1016/j.egy.2021.10.012
15. **Назаров, І.** (2022). *Інформованість громадськості та залучення громади до розвитку мікромереж в Україні. Відновлювана енергія*, 178, 1098-1106. doi:10.1016/j.renene.2021.09.020
16. **Шмідт, Р.** (2020). *Впровадження мікромереж у зонах конфлікту: практичні приклади та висновки. Дослідження в галузі енергетики та соціальних наук*, 66, 101470. doi:10.1016/j.erss.2020.101470
17. **Київський політехнічний інститут.** (2020). *Дослідження в галузі відновлюваних джерел енергії та технології мікромереж*. Отримано з kpi.ua

18. **Грін, А.** (2021). *Політична основа для розвитку мікромереж в Україні. Енергетична політика*, 150, 112109. doi:10.1016/j.enpol.2021.112109
19. **Національна академія наук України.** (2021). *Енергетична безпека та рішення для мікромереж*. Отримано з nanu.gov.ua
20. **Європейська комісія.** (2021). *Енергетична політика ЄС: рух до зеленого переходу*. Отримано з ec.europa.eu

