

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

Конспект лекцій
з дисципліни:
**«Перспективи розвитку системи
електропостачання»**
Частина 1

для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка» (G3 «Електрична
інженерія»), I ступеня вищої освіти (бакалавр) освітньої
програми «Енергетичний менеджмент» та «Електротехнічні
системи електроспоживання» денної та заочної форми навчання

Конспект лекцій з дисципліни «Перспективи розвитку системи електропостачання» Частина 1 для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» (G3 «Електрична інженерія»), I ступеня вищої освіти (бакалавр), освітньої програми «Енергетичний менеджмент» та «Електротехнічні системи електроспоживання» денної та заочної форми навчання / Укл. : В.Ю. Міщенко – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2026. – 52 с.

Укладачі: В.Ю. Міщенко, к.т.н., старш.викл.

Рецензент: Ю.Б. Ліуш, к.т.н., доцент

Відповідальний за випуск: Шрам О.А., зав. кафедри, к.т.н.

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електропостачання промислових
підприємств»
Протокол № 6.
від « 25 » грудня 2025р.

Рекомендовано до видання
НМК електротехнічного
факультету
Протокол № 6.
від « 22 » січня 2026р.

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Вступ до фаху.....	6
1.1 Основні визначення та поняття.....	6
1.2 Традиційні способи отримання електричної енергії.....	8
1.3 Профіль фахівця спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».....	13
2 Особливості виробництва електричної енергії.....	18
2.1 Структура виробництва електроенергії в Україні на початок 2022 року.....	18
2.2 Взаємозв'язок виробництва електроенергії та її кінцевої вартості.....	19
2.3 Паливозабезпечення країни.....	20
2.4 Аналіз енергетичного сектору України.....	26
3 Енергетична система України.....	31
3.1 Сучасний стан.....	31
3.2 Виробництво, перетворення, розподіл і споживання електричної енергії.....	33
3.3 Особливості електричної енергії.....	38
4 Розподілена генерація.....	41
4.1 Основні поняття.....	41
4.2 Сучасний стан.....	42
4.3 Досвід інших країн.....	46
4.4 Перспективи розвитку розподіленої генерації в Україні.....	47
Перелік джерел посилань.....	52

ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни «Перспективи розвитку систем електропостачання» є формування системи теоретичних знань про основні функціональні обов'язки фахівців з енергетики, вивчення основних законів електротехніки, основних елементів системи електропостачання, сфери застосування електричної енергії, уміння пояснити фізичний зміст законів фізики та електротехніки.

В результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен знати: – основні закони електротехніки; – основні елементи системи електропостачання; – основні сфери застосування електричної енергії; – основи електропостачання споживачів; – види професійної діяльності інженерно-технічних працівників енергетичної служби.

Дисципліна “Перспективи розвитку систем електропостачання” передбачена навчальним планом для ознайомлення студентів з основними аспектами і тенденціями розвитку сучасних електропостачальних систем, а також для вивчення основних понять.

Варто розуміти, що на сьогоднішній день в Україні питання енергопостачання постає дуже гостро. В першу чергу це пов'язано зі складною ситуацією в країні, коли наша енергосистема зазнає постійних атак ворога, та працює на межі можливостей, також велика частка енергетичних потужностей складає застаріле, технічно зношене та енерговитратне обладнання та устаткування. Тому проблема енергозабезпечення країни це питання національної безпеки. Енергетичною стратегією України передбачено збільшити енергоефективність енергопостачання та енергоспоживання, знизити шкідливий вплив енергетики на довкілля, підвищити ККД енергетичних агрегатів і установок, замінивши старі на нові зразки, упровадивши передові енерготехнології.

Зростаючі темпи використання ПЕР неможливо забезпечити без наукоємних технологій повнішого й ефективнішого використання енергії, розробки енергоощадних технологій. Енергетична стратегія України передбачає використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії та використання ВЕР в максимально великому обсязі. Потенціал цих джерел України оцінюється у великих обсягах і цей потенціал можливо розглядати як додаткове джерело енергоносіїв. Використання цієї енергії дозволить знизити споживання дефіцитних ПЕР. Перевагою вказаних ВЕР є їх екологічна чистота.

При цьому вони дають реальну економію палива, відчутний соціальний ефект, значно поменшують негативний вплив енергетики на довкілля. Їх застосування символізує реальний перехід від марнотратної до раціональної економіки.

Джерелом виникнення енергії є технологічне обладнання та процеси, у яких частину підведеної енергії вигідно використовують, а другу – ВЕР – використовують для забезпечення внутрішніх процесів. ВЕР у цьому разі належать до втрат і значно впливають на значення ККД установки. Тому важливим завданням для підвищення її ефективності є використання всіх енергоресурсів в межах самого технологічного агрегату.

1 ВСТУП ДО ФАХУ

1.1 Основні визначення та поняття

Крім валового національного продукту на душу населення країни, рівень розвитку технології, обладнання, тобто і суспільства в цілому, характеризують показники енергоємності одиниці продукції по різних видах виробництва, які пов'язані з паливно-енергетичними ресурсами (ПЕР) й ефективністю їх використання, рівнем розвитку технології й обладнання, фінансовим й економічним добробутом держави. Україна за цими показниками набагато відстає не тільки від високорозвинених країн, і це при тому, що вона має значний енергетичний, технологічний та інтелектуальний потенціал. Тому в Україні прийняті й діють Закон «Про енергозбереження», цілий ряд Державних стандартів по термінам і визначенням в галузі енерго- і ресурсовикористання.

Далі наведено основні та найбільш важливі поняття курсу [1, 2]

Енергія — це скалярна фізична величина, загальна кількісна міра руху і взаємодії всіх видів матерії. Енергія не виникає ні з чого і нікуди не зникає, вона може тільки переходити з одного стану в інший (закон збереження енергії). Поняття енергії поєднує всі явища природи в одне ціле, є загальною характеристикою стану фізичних тіл і фізичних полів.

Енергетика — сукупність галузей господарства, що вивчають і використовують паливно-енергетичні ресурси з метою вироблення, перетворення, передавання і розподілу енергії.

Енерговикористання — природне або цілеспрямоване використання енергії різних видів, пов'язаних із процесами від одержання (виробництва) енергії до її споживання.

Енергопостачання - забезпечення споживача всіма видами енергії і палива.

Електропостачання (постачання електричної енергії, енергопостачання) — це комплекс технічних засобів і організаційних заходів для забезпечення споживача електроенергією; надання електричної енергії споживачу за допомогою технічних засобів передачі та розподілу електричної енергії на підставі договору.

Система електропостачання складається з набору джерел, систем та з'єднувальних пристроїв для перетворення, передачі, розподілу та використання електричної енергії як у промисловості, так і в побуті. Устаткування охоплює всі рівні системи: генерацію, високовольтні лінії передачі, трансформаторні підстанції та низьковольтні розподільчі мережі.

Генерація електроенергії – це процес перетворення різних видів енергії в електричну на індустріальних об'єктах, що називаються електричними станціями.

ЛЕП – один з компонентів електричної мережі призначена для передачі електричної енергії .

Розрізняють **повітряні** і **кабельні** лінії електропередачі.

Повітряна лінія електропередачі (ПЛ) – пристрій, призначений для передачі або розподілу електричної енергії по дротах, що знаходяться на відкритому повітрі і прикріплені за допомогою ізольованих конструкцій та арматури до траверз опор або кронштейнів і стоек на інженерних спорудах(мостах, шляхопроводах тощо).

Кабельна лінія електропередачі (КЛ) – лінія для передавання електроенергії або окремих її імпульсів, що складається з одного або декількох паралельних кабелів із сполучними, стопорними і кінцевими муфтами (закладеннями) і кріпильними деталями, а для маслонаповнених ліній, крім того, з підживлюючими апаратами і системою сигналізації тиску олії.

Електрична енергія, або електроенергія – вид енергії, що існує у вигляді потенціальної енергії електричного й магнітного полів та енергії електричного струму.

Завдяки зручній технології виробництва, розподілу й споживання, електрична енергія займає чільне місце серед інших видів енергії, що їх споживає людство.

Електричну енергію для виробничого і побутового споживання отримують шляхом перетворення інших видів енергії. Її джерелами може бути хімічна енергія, механічна енергія, наприклад, води чи вітру, ядерна енергія, теплова енергія, світлова енергія. При виробництві електричної енергії хімічна або ядерна енергія зазвичай спочатку перетворюються в теплову, а тільки потім у енергію електричного струму.

До споживача електрична енергія поставляється через електромережу. Споживач використовує електричну енергію для виконання механічної роботи, опалення, освітлення, комунікації тощо.

Електрична мережа – сукупність підстанцій, розподільних пристроїв та ліній електропередачі, що їх з'єднують, призначена для передавання і розподілу електричної енергії.

Електрична підстанція – електроустановка, призначена для перетворення та розподілу електричної енергії.

В залежності від призначення можуть бути **трансформаторними (ТП)** або **перетворювальними (ПП)**.

Трансформаторні підстанції – підстанції, призначені для перетворення електричної енергії однієї напруги в енергію іншої напруги за допомогою трансформаторів.

Перетворювальні підстанції – підстанції, призначені для перетворення роду струму або його частоти.

1.2 Традиційні способи отримання електричної енергії

Гідроенергетика.

Гідроенергетика – галузь виробництва електроенергії від поновлюваного джерела, що використовує для виробництва електроенергії кінетичну енергію водного потоку. Підприємствами з виробництва енергії в цій області є гідроелектростанції (ГЕС), які будують на річках. В основі будівництва гідроелектростанції полягає принцип створення перепаду рівнів поверхні води. З верхньої точки, переливається вода до нижнього рівня поверхні, створюючи водяний потік, який в свою чергу розкручує лопаті водних турбін, що знаходяться у спеціальних водовідводів. Саме тут турбіна перетворює кінетичну енергію в електричну, обертаючи ротор електрогенератора. Гідроакумуляуючі електричні станції – є особливим різновидом ГЕС. Вони не є генеруючими потужностями в повній мірі, так як споживання електричної енергії практично дорівнює виробництву, але ефективність їх полягає у розвантаженні мережі під час пікових навантажень.

Теплоенергетика.

Теплова енергетика виробляється на теплових електростанціях, які займаються процесом перетворення теплової енергії згоряння органічного палива в електричну.

По виду генерації ТЕС поділяють на два основних типи:

Конденсаційні. На КЕС тепло, яке було отримано при спалюванні палива, нагріває воду в парогенераторах, і утворена перегріта водяна пара подається в парову турбіну, на одній осі з якою знаходиться електричний генератор. У турбіні внутрішня енергія пари перетворюється в механічну енергію, яка в електричному генераторі створює струм. В ході процесу, конденсатори наповнюються відпрацюванню паром, звідти сконденсована вода перекачується насосами назад в парогенератор.

Теплофікаційні. В теплових електростанціях, частина теплової енергії спрямовується на генерацію електричної енергії, інша частина надходить для обігріву навколишніх житлових районів. Комбіноване виробництво тепла і електроенергії на ТЕЦ значно підвищує ефективність використання палива в порівнянні з роздільним виробництвом електроенергії на конденсаційних електростанціях.

Ядерна енергетика.

В ядерній енергетиці для виробництва електроенергії та тепла використовується ядерна енергія. Виробниками ядерної енергетики є атомні електростанції (АЕС). Вироблення електроенергії на АЕС відбувається за тим самим принципом, як ТЕС. Різниця полягає в тому, що тепла енергія виділяється в результаті ядерної реакції в ядерному реакторі. Подальший алгоритм виробництва електроенергії схожий із тепловими електростанціями: отримане тепло парогенератором, від реактора, виробляє пару, яка надходить до парової турбіни і т. д. Але доцільно використовувати АЕС тільки для виробництва електроенергії.

Різні види паливно-енергетичних ресурсів мають різну цінність, тобто різну теплоту згорання (калорійність), яка характеризується питомою теплотворною здатністю палива (кількість теплоти, що виділяється при повному згоранні одиниці його маси).

Умовне паливо – одиниця вимірювання енергоємності органічного палива (нафти, газу, вугілля), яку використовують для порівняння різних видів палива. В якості умовного палива використовують енергетичний еквівалент від спалювання 1 кг кам'яного вугілля, який дорівнює 29,3 МДж або 8,14 кВт·год. Міжнародним енергетичним агентством (ІЕА) за одиницю умовного палива прийнято енергетичний еквівалент від спалювання 1 тонни нафти, який дорівнює 41,87 ГДж або 11,63 МВт·год.

Відновлювані джерела енергії – джерела енергії природного походження запаси яких поновлюються з часом.

Відновлювана енергетика – енергетична галузь, що спеціалізується на отриманні та використанні енергії з відновлюваних джерел енергії.

Зелений тариф – економічний механізм, спрямований на заохочення генерації електроенергії відновлюваною енергетикою.

Зелений тариф – економічна програма стимуляції розвитку альтернативної енергетики, за якою держава купляє вироблену приватним сектором електроенергію за завищеними тарифами, які представлені на рисунку 1.1, що в декілька разів перевищують вартість електроенергії зі звичайних джерел.

ЗЕЛЕНІ ТАРИФИ В УКРАЇНІ
Вартість за 1 кВт-год, ЄВРО без ПДВ*

Вид джерела	2015 р.	2016 р.	2017-2019	2020-2024	2025-2029
Промислова СЕС (наземна)	0,17	0,16	0,15	0,135	0,12
Промислова СЕС (дахова)	0,18	0,172	0,164	0,15	0,13
Приватна сонячна електростанція	0,20	0,19	0,18	0,16	0,15
Приватна вітрова електростанція	0,12	0,12	0,12	0,11	0,09
Вітрова електростанція (>2МВт)	0,1	0,1	0,1	0,09	0,08

* – дані надані з округленнями

Рисунок 1.1 – Вартість електроенергії за «зеленим» тарифом

Паливно-енергетичні ресурси – сукупність всіх природних і перетворених видів палива й енергії, яка використовується у національному господарстві.

Первинні енергоресурси – це природні ресурси, які не перероблялися і не перетворювали: сира нафта, природний газ, вугілля, горючі сланці, вода річок і морів, гейзери, вітер тощо.

Вторинні енергетичні ресурси (ВЕР) — енергія різних видів, що вивільняється з технологічного процесу чи установки, використання якої не є обов'язковим для здійснення основного техногенного процесу.

Вторинні енергоресурси відходів, побічних і проміжних продуктів, що утворюється в технологічних агрегатах (установках, процесах) і не використовується в самому агрегаті, але може бути частково або повністю використаний для енергопостачання інших агрегатів (процесів). По суті це продукти переробки первинних енергоресурсів (штучні види палива), такі як: бензин, мазут, дизельне паливо, кокс, агломерати, уранове паливо, біогаз, біопаливо, деревне вугілля тощо.

Раціональне використання ПЕР – досягнення максимальної ефективності використання ПЕР при існуючому рівні розвитку техніки й технології й одночасне зниження техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Енергозберігаюча політика – адміністративно-правове й фінансово- економічне регулювання процесів добування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва, розподілу й використання паливно-енергетичних ресурсів з метою їхнього раціонального використання й економного витрачання.

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), спрямована на раціональне використання й економне витрачання первинної та перетвореної енергії, природних енергетичних ресурсів у національному господарстві і яка реалізується з використанням технічних, економічних і правових методів, або – комплекс заходів, що спрямований на раціональне використання енергетичних ресурсів. У ході даного процесу діяльності знижується потреба в ПЕР на одиницю кінцевого продукту й зменшується несприятливий вплив на навколишнє середовище.

Енергоефективність – властивість обладнання, технології, виробництва або системи в цілому, що характеризує ступінь використання енергії на одиницю кінцевого продукту.

Енергоефективність – раціональне використання енергії, що дозволяє перетворювати її параметри і транспортувати до споживача з мінімальними втратами.

Енергоефективність – ефективне (розсудливе, доцільне) використання енергетичних запасів. Це застосування меншої кількості

енергії для підтримання того ж рівня енергетичного забезпечення будівель або технологічних процесів на виробництві. Ця галузь знань перебуває на стику інженерії, економіки, юриспруденції і соціології.

На відміну від енергозбереження (заощадження, збереження енергії), головним чином спрямованого на зменшення енергоспоживання, енергоефективність (корисність енергоспоживання) – доцільне (ефективне) витрачання енергії.

Для населення – це значне скорочення комунальних витрат, для країни – заощадження ресурсів, підвищення продуктивності промисловості і конкурентоздатності, для довкілля – обмеження викиду парникових газів в атмосферу, для енергетичних компаній – зниження витрат на паливо і необґрунтованих витрат на будівництво.

Енергоефективність може бути оцінена за допомогою таких показників: кількісних (кількість енергії на одиницю кінцевого продукту) та якісних (низька, висока). Підвищення енергоефективності досягається за рахунок реалізації системи цілеспрямованих організаційних і технічних заходів.

Енергетичний аудит (енергоаудит) – вид діяльності, спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів за рахунок підвищення ефективності використання енергії, яка орієнтована на обстеження об'єкта з погляду його енерговикористання, визначення заходів щодо енергозбереження, оцінки технічних й економічних можливостей з їхньої реалізації.

Енергетичний менеджмент (енергоменеджмент) – управлінська діяльність персоналу суб'єкта господарювання по раціональному використанню енергії, з огляду на технічні, економічні й екологічні аспекти.

Основна мета енергетичного менеджменту – досягнення високої енергоефективності господарювання при найкращому використанні людського та ресурсного потенціалу об'єкту діяльності та мінімальному негативному впливі на довкілля.

Об'єктом управління в системі енергоменеджменту є сукупність технологічного й енергетичного обладнання, енергетичних мереж, а також режими їх роботи. Суб'єктом управління – персонал об'єкту діяльності (керуючий, інженерний, технічний, рядовий).

Енергетичний менеджмент є практичним інструментом здійснення процесу управління використанням енергії для оптимального її використання при доцільному забезпеченні потреб

людини (організації) та мінімальному негативному впливу на довкілля за умов найкращого використання ресурсного потенціалу об'єкту енерговикористання.

Таким чином енергетичний менеджмент – основний інструмент скорочення споживання енергії і, відповідно, підвищення ефективності її використання, а також зниження негативного впливу енергетики на навколишнє середовище. Механізм втілення енергозбереження в життя – реалізація законодавчих, правових, організаційних, технічних, економічних, наукових й інформаційних заходів, спрямованих на ефективне використання енергетичних ресурсів і поліпшення стану навколишнього середовища.

1.3 Профіль фахівця спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Електроенергетика – основа науково-технічного прогресу сучасності, оскільки забезпечує людство теплом, світлом та енергією, без якої неможлива робота будь-якого електричного, електронного, комп'ютерного устаткування, обладнання промислових підприємств, транспорту і т.д. Професійна підготовка інженерів-електриків електротехнічних систем проводиться на базі багаторічного досвіду будівництва та експлуатації вітчизняних систем електроспоживання, передового досвіду світової електроенергетики, розвитку нових технологій отримання, передачі та споживання електроенергії, вимог енергозбереження, глобальної інформатизації керування електроспоживанням, чіткої перспективи розвитку нових джерел отримання електричної енергії та підвищення уваги до застосування енергозберігаючих заходів у промисловості [1].

Об'єкти діяльності: підприємства електроенергетичного комплексу, електротехнічні та електромеханічні служби організацій.

Об'єкти вивчення: виробництво, передача, розподілення та перетворення електричної енергії на електричних станціях, в електричних мережах та системах; електротехнічне устаткування, електромеханічне та комутаційне обладнання, електромеханічні та електротехнічні комплекси та системи.

Випускник кафедри може працювати в наступних галузях промисловості:

- енергетичній;

- машинобудівній;
- електронній;
- нафтовидобувній;
- хімічній;
- комунальній;
- транспорту та зв'язку;
- проектно - конструкторських закладах;
- закладах науки та освіти.

Види діяльності:

– розрахунок, проектування та експлуатація електротехнічного устаткування;

– розробка проектної та робочої документації окремих вузлів електроенергетичних систем;

– розробка комп'ютерних варіантів проектної та конструкторської документації електроенергетичних та електропостачальних систем,

– розрахунок електричних схем із застосуванням обчислювальної техніки при проектних розрахунках електроенергетичних та електропостачальних систем,

– впровадження сучасних енергоефективних технологій;

– створення систем комп'ютерного керування процесами енерговикористання та енергоспоживання ;

– планування навантажень і витрат електроенергії,

– управління роботою електроустаткування електростанції (підстанції),

– контроль роботи автоматичних систем управління енергетичними установками,

– виробництво, ремонт, обслуговування та налагодження енергетичних установок та електроустаткування електростанції (підстанції) районних електричних мереж;

– розробка, проектування, аналіз та синтез електричних систем та мереж, електричної частини підстанцій, систем релейного захисту і автоматики, систем електропостачання промислових підприємств;

– моделювання, оптимізація та аналіз режимів роботи електричних станцій, мереж та систем, електричних машин, електроприводів, електротехнічних та електромеханічних систем і комплексів, що використовують традиційні та відновлювальні джерела енергії.

Фахівець з електротехнічних систем електроспоживання вміє:

- застосовувати сучасне програмне забезпечення в розрахунках електроенергетики;
- використовувати комп'ютерні мережі та сучасне програмне забезпечення при керуванні системами електропостачання;
- розробляти програмне забезпечення для оцінки й раціонального управління електроспоживанням підприємств;
- створювати алгоритми розрахунку режимів роботи систем електропостачання для оптимізації режимів електроспоживання;
- розробляти автоматизовані системи контролю та керування в енергетиці.

Фахівець з енергоменеджменту вміє:

- досліджувати ціноутворення в електроенергетиці;
- застосовувати сучасний менеджмент та маркетинг в електроенергетиці;
- контролювати якість електроенергії за допомогою сучасних приладів та технологій;
- проводити аудит енергоспоживання та розробляти рекомендації з енергозбереження;
- здійснювати розрахунки режимів роботи систем електропостачання й оптимізацію режимів електроспоживання.

Посади згідно класифікатору професій України. Магістр зі спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» по освітньо-професійній програмі «електротехнічні системи електроспоживання» може виконувати професійну роботу та займати первинні посади, наведені нижче:

- | | |
|-----------------------------------|---|
| — майстер виробничої лабораторії; | — головний інженер проекту; |
| — майстер виробничої дільниці; | — головний конструктор проекту; |
| — начальник зміни; | — завідувач (начальник) відділу (науково-дослідного, конструкторського, проектного та ін.); |
| — майстер з ремонту; | |
| — завідувач лабораторії (освіта) | |
| — головний електрик; | |

- керівник бригади (дослідної, проектної організації);
- інженер з налагодження, удосконалення технології та експлуатації електричних станцій та мереж;
- інженер-конструктор;
- інженер з релейного захисту і електроавтоматики;
- інженер з ремонту та налагодження електроенергетичного устаткування атомної електростанції;
- інженер з експлуатації протиаварійної автоматики;
- інженер з режимів оперативно-диспетчерської служби;
- інженер-лаборант;
- інженер з налагодження й випробувань;
- інженер з організації експлуатації та ремонту;
- інженер із засобів диспетчерського і технологічного керування;
- інженер служби ліній енергопідприємства;
- інженер служби підстанцій;
- інженер служби розподільних мереж;
- інженер-енергетик;
- інженер-дослідник;
- інженер із впровадження нової техніки й технологій;
- інженер з керування й обслуговування систем;
- інженер з розрахунків та режимів;
- інженер з ремонту;
- інженер з метрології;
- інженер з підготовки виробництва;
- диспетчер електричної підстанції;
- електрик дільниці;
- електрик цеху;
- енергодиспетчер;
- енергетик;
- енергетик виробництва;
- енергетик дільниці;
- енергетик цеху;
- енергодиспетчер;
- асистент, викладач вищого навчального закладу.

Місця працевлаштування. За своїм професійним призначенням фахівець з даної спеціальності може здійснювати діяльність в різних типах державних та недержавних установ і організацій, приватних підприємствах, а саме:

- відділ головного енергетика на промислових підприємствах;
- в енергетичному підрозділі сільського господарства;
- електроенергетичні підрозділи у цехах на промислових підприємствах та у сільському господарстві;
- у проектних інститутах;
- в різних підрозділах енергосистем;
- в електричних підрозділах електричних станцій;
- на електричних підстанціях електричних мереж енергосистем та обласних розподільчих мереж;
- в різних підрозділах управлінь обленерго;
- в приватних підприємствах і фірмах по проектуванню систем електропостачання, монтажу та налагодженню електричного обладнання;
- в інспекціях держенергонагляду та в енергоінспекціях управлінь охорони праці;
- виробництво електродвигунів, генераторів; трансформаторів, електророзподільної та контрольної апаратури;
- виробництво, передача та розподілення електроенергії;
- електромонтажні та інші будівельно-монтажні роботи
- наукова та технічна діяльність;
- діяльність у сферах архітектури та інжинірингу, надання послуг технічного консультування;
- технічні випробування та дослідження;
- дослідження й експериментальні розробки у сфері природничих і технічних наук;
- освіта і вища освіта

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1 Структура виробництва електроенергії в Україні на початок 2022 року

Україна має об'єднану енергетичну систему (ОЕС). Вона становить сукупність електростанцій, електро- та тепломереж, що функціонують в режимах генерації, передачі та розподілу теплової та електричної енергії. На сьогодні виробництво електроенергії в Україні здійснюється на атомних, теплових, гідроелектростанціях. Також генерація електричної енергії відбувається на станціях, що працюють на альтернативних джерелах (СЕС, ВЕС тощо).

За даними Міністерства енергетики, за підсумками 2021 року в об'єднаній енергетичній системі України було вироблено 156,5 млрд кВт-год електроенергії, що на 5,2% більше, ніж за 2020 рік. Щодо загальної структури річної генерації електричної енергії, то вона має такий вигляд: (на початок 2022)

- Атомні електростанції - понад 55%.
- ТЕС та ТЕЦ - 29,3%, що на 12,5% менше, ніж за 2020 рік.
- ГЕС та ГАЕС - 6,7%.
- Частка відновлюваної енергетики (сонячні, вітрові, біостанції) склала понад 8%.

За останні роки значно зросла кількість промислових сонячних та вітрових електростанцій. Більша їх частина розташована у південних областях України.

Щодо вартості виробленої електроенергії, то найдешевша електрична енергія генерується на атомних та гідроелектростанціях. Найдорожчою є альтернативна е/е. Щодо останньої, то активний розвиток відновлюваної енергетики в Україні почався після ухвалення у 2008 році “зеленого тарифу”, згідно з яким електроенергія, що генерується з енергії сонця, вітру тощо, купується в системі за ціною, що є значно вищою за ринкову.

Чинна програма стимулювання розвитку ВДЕ розрахована до 2030 року (енергетична стратегія України). При цьому передбачено поступове зниження вартості “зеленої” електричної енергії. Щодо

виробництва електроенергії з альтернативних джерел, то очікується, що до 2030 року її частка в загальній структурі має зрости до 25-30% (на сьогодні цей показник становить 8%).

Якщо ж розглядати встановлену потужність всіх генеруючих об'єктів об'єднаної енергетичної системи України, то на кінець 2021 року вона розподілена наступним чином, як представлено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Встановлена потужність ОЕС України

Встановлена потужність ОЕС України, МВт				
Встановлена потужність	2018	2019	2020	2021
Атомні електростанції	13835	13835	13835	13835
Теплові електростанції	21842	21842	21842	21842
Теплоелектроцентраль	6099,5	6091,1	6069,6	6104,2
Гідроелектростанції	4731,7	4809,1	4812,4	4829,6
Гідроакumuлюючі електростанції	1509,5	1487,8	1487,8	1487,8
Сонячні електростанції	1224,8	3555,4	5060	6365,3
Вітряні електростанції	389	1025	1070,7	1529
Станції на біопаливі	98,7	142,5	186	254,4
РАЗОМ	49730,2	52787,9	54363,5	56247,3

Як видно з таблиці найбільша встановлена потужність припадає саме на теплові електростанції, а також слід відзначити суттєвий приріст потужностей в секторі відновлюваної енергетики.

2.2 Взаємозв'язок виробництва електроенергії та її кінцевої вартості

Електрична енергія є специфічним товаром. Особливість виробництва електроенергії полягає в тому, що її генерація має відповідати споживанню. Тобто, неможливо накопичити певну потужність електричної енергії, а потім продати її кінцевому споживачу.

Щодо вартості електроенергії, то вона залежить від низки факторів [5]:

- структури виробництва електричної енергії. Наприклад, якщо збільшується частка генерації електроенергії на АЕС, то й вартість е/е може зменшуватися.

- балансування енергетичної системи (баланс між споживанням і генерацією досягається за рахунок зміни навантаження різних станцій)

- зміни попиту та пропозиції в залежності від сезону.

- транскордонної торгівлі електроенергією (імпорту та експорту).

Ще одним важливим елементом інфраструктури електроенергетичного сектору є біржі, які допомагають сформувати об'єктивну ціну на товар. В Україні право проведення електронних аукціонів на ринку двосторонніх договорів отримало ТОВ “Українська енергетична біржа”. У торговій системі УЕБ виробники, трейдери, постачальники та побутові споживачі мають рівний доступ до товару, що також впливає на об'єктивність його вартості.

Енергетичний сектор України характеризується:

- суттєвим рівнем імпортої залежності з високою часткою окремих постачальників;

- зарегульованістю та відсутністю ринкових механізмів ціноутворення;

- високою концентрацією та наявністю природних монополій в окремих сегментах, що визначає формат взаємодії ринку;

- недофінансуванням сектору та високим рівнем фізичної та моральної зношеності активів (наприклад, потужності ТЕС та ТЕЦ зношені на 80%; розподільчі мережі - на 60%, а їх оновлення потребує більше \$40 млрд. капіталовкладень у наступні 10 років);

- вкрай високим рівнем енергоємності та низьким рівнем ефективності використання енергоресурсів;

- суттєвим впливом на довкілля (значні обсяги забруднення довкілля, передусім парниковими газами).

2.3 Паливозабезпечення країни

Сектор електроенергетики на 100% залежний від імпортного постачання ядерного палива та на 20% у постачанні енергетичного вугілля.

В середньому Україна імпортує 547 т ядерного палива на \$0,5 млрд (Укрстат). Та імпортовано 6,9 млн тон енергетичного вугілля на суму \$742 млн.

У 2023 році Україна експортувала 366,5 тис. МВт·год електроенергії вартістю 99,3 млн дол. Обсяг експортних надходжень зменшився у 6 разів порівняно з 2022 роком та майже в 3 рази – порівняно з 2021 роком.

Основна причина – російські ракетні обстріли енергетичних об'єктів, внаслідок яких Україна призупинила експорт електроенергії з жовтня 2022 року та відновила його в значно менших обсягах у квітні 2023 року. Динаміка зміни імпорту та експорту електроенергії представлена на рисунку 2.1.

Динаміка імпорту та експорту електроенергії

у 2019-2023 рр., млн дол.

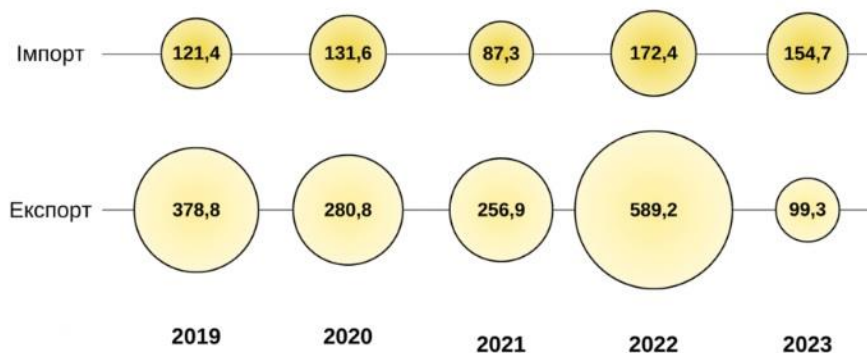


Рисунок 2.1 – Динаміка імпорту та експорту електроенергії

У 2023 році 41% експортованих обсягів було поставлено до Словаччини (150,1 тис. МВт·год), 40% – Молдови (148,4 тис. МВт·год), 15% – Польщі (53,4 тис. МВт·год) та 4% – до Румунії (14,7 тис. МВт·год).

Загальний обсяг імпорту електроенергії за 2023 рік склав 806,4 тис. МВт·год, що коштувало Україні 154,7 млн дол. Порівняно з 2022 роком, вартість купленого ресурсу знизилась на 10%, з 2021 роком – зросла на 77%.

У 2022 році Україна імпортувала 820,4 тис. МВт·год електроенергії, з яких 99,4% були закуплені до 24 лютого 2022 року: 814,9 тис. МВт·год у Білорусі та 0,6 тис. МВт·год – у Словаччини та Угорщини. Імпорт з Білорусі застосовувався як один з інструментів для проходження осінньо-зимового періоду 2021-2022 років.

У 2023 році імпорт здійснювався з європейських країн: Словаччини (558,6 тис. МВт·год або 69% у загальному обсязі), Румунії (103,1 тис. МВт·год або 13%), Молдови (84,1 тис. МВт·год або 10%) та Польщі (60,7 тис. МВт·год або 8%).

З початку війни Україна істотно збільшила обсяги експорту кам'яного вугілля, динаміка якого представлена на рисунку 2.2.

Динаміка імпорту та експорту вугілля кам'яного у 2019-2023 рр., млн дол.

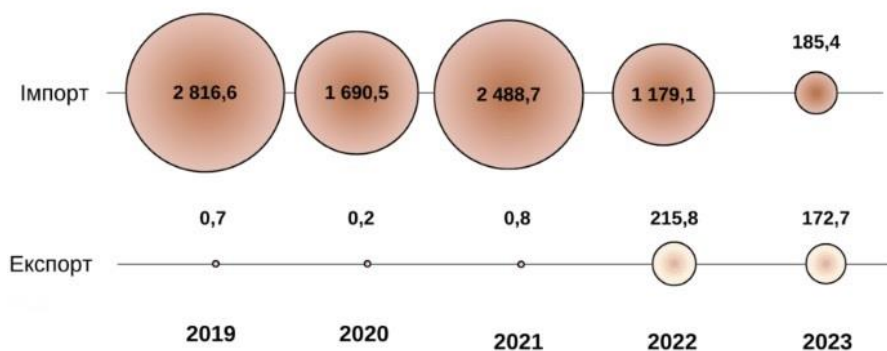


Рисунок 2.2 – Динаміка імпорту та експорту кам'яного вугілля

У 2022 році (після 24 лютого) було експортовано 708,5 тис. тонн коксівного, бітумінозного та іншого кам'яного вугілля на суму 215,8 млн дол., у 2023 році – 670,7 тис. тонн коксівного вугілля на суму 172,7 млн дол.

Інше вугілля кам'яне, антрацит та тверде кам'яновугільне паливо (брикети, котуни, тощо) експортувати у 2023 році було заборонено.

У 2021 році експорт здійснювався у несуттєвих обсягах – близько 5 тис. тонн вартістю 0,8 млн дол. У 2023 році Україна

постачала вугілля до 8 країн, найбільше – до Індії (33% від загального обсягу), Словаччини (27%), Італії (16%) та Угорщини (13%).

Імпорт кам'яного вугілля у 2023 році було суттєво зменшено: 0,7 млн тонн проти 4,6 млн тонн у 2022 році та 19,6 млн тонн у 2021 році. Витрати на закупівлю вугілля становили 185,4 млн дол., що нижче у понад 6 разів порівняно із 2022 роком та у понад 13 разів – з 2021 роком.

Імпорт здійснювався з 13 країн, три з яких – Польща, США та Австралія – забезпечили 82% ресурсу. До 2023 року основним постачальником кам'яного вугілля була Росія – у 2022 році було поставлено 42% від загальних обсягів вугілля, у 2021 – 67%. Витрати на російську сировину у 2023 році становили 148 тис. дол, у 2022 – 0,43 млрд дол., у 2021 – 1,55 млрд дол.

НАФТА ТА НАФТОПРОДУКТИ

У 2023 році Україна зменшила майже до нуля імпорт сирих нафти та нафтопродуктів: обсяг закупівель склав 26 тонн на суму 22 тис. дол., тоді як протягом двох попередніх 2022 та 2021 років вартість імпорту становила 346,4 та 827,6 млн дол. відповідно.

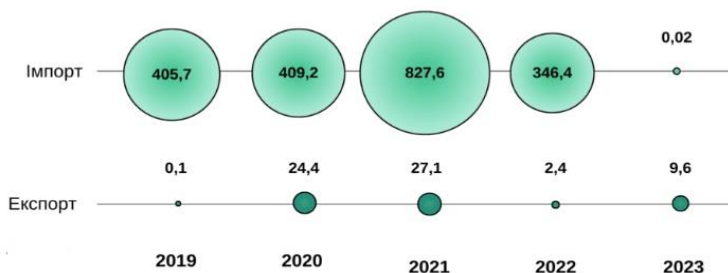
У 2023 році нафтопродуктів несирих (переважно дизелю та бензинів) було імпортовано 7,6 млн тонн загальною вартістю 7,8 млрд дол. У 2022 році обсяг імпортованого палива був менший – 7,3 млн тонн за більших витрат – 8,8 млрд дол. У 2021 році було імпортовано 8,8 млн тонн нафтопродуктів вартістю 5,6 млрд дол.

Основними постачальниками нафтопродуктів (крім сирих) у 2023 році були Греція, Індія, Литва, Польща та Туреччина, які сукупно забезпечили 57% палива для України. До 2023 року найбільші обсяги Україна купувала у Білорусі та Росії: частка закупівель у 2022 році – 25%, 2021 році – 68%, у 2019-2020 роках – 75-76%. Експорт нафти та нафтопродуктів суттєво просів у 2022-2023 роках: обсяг заробітку від продажу сирої сировини впав на 91% та 65% порівняно з 2021 роком.

Від продажу нафти та нафтопродуктів несирих (переважно моторних олив, масел та інших мастильних матеріалів) Україна заробила 72 млн дол. у 2022 та 40,1 млн дол. у 2023 роках, що нижче доходів 2021 року на 63% та 79% відповідно.

Загальна динаміка зміни імпорту та експорту нафти та нафтопродуктів в період з 2019 по 2023 роки представлена на рисунку 2.3.

**Динаміка імпорту та експорту нафти та нафтопродуктів
(сирих) у 2019-2023 рр., млн дол.**



**Динаміка імпорту та експорту нафти та нафтопродуктів
(крім сирих) у 2019-2023 рр., млн дол.**

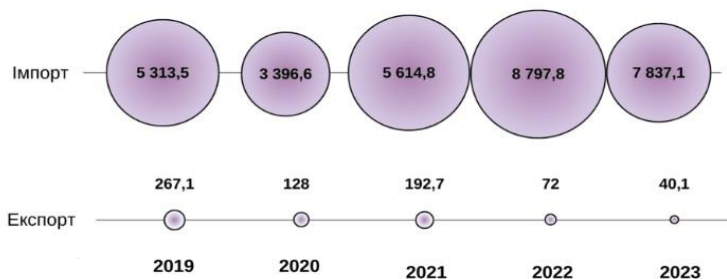


Рисунок 2.3 – Динаміка імпорту та експорту нафти та нафтопродуктів

ГАЗ ПРИРОДНИЙ, СКРАПЛЕНИЙ ТА ІНШІ ГАЗИ

У 2023 році Україна суттєво скоротила обсяги закупівель газу природного, скрапленого (пропану або суміші пропану з бутаном) та інших газів, закупивши 1,8 млн тонн за ціною 1,9 млрд дол., що на 81% менше ніж у 2022 році (9,5 млн тонн) та на 80% – ніж у 2021 році (9,1 млн тонн).

У 2023 році Україна закуповувала газ у понад 30 країн, найбільше – у європейських сусідів: Польщі (21% від обсягу), Словаччини (15%) та Угорщини (14%). У 2021-2022 роках основним постачальником була Росія, яка поставила у 2022 році 79% ресурсу (7,5 млн тонн природного газу та 0,1 млн тонн скраплених пропану та

бутанів), у 2021 році – 26% (1,7 млн тонн природного газу та 0,7 млн тонн скраплених газів).

У квітні 2022 року Уряд України заборонив ввезення усіх товарів з Росії у режимі імпорту. Разом з тим, ввезення природного газу та інших вуглеводнів російського походження можливе в митних режимах транзиту і митного складу трубопровідним транспортом; через точки входу на міждержавних з'єднаннях з державами – членами ЄС і Молдовою та за операціями із заміщення природного газу (бекхол). Отже, у 2023 році до України було ввезено 452 тонни газів російського походження вартістю 276 тис. дол. А загальна динаміка імпорту та експорту газів наведена на рисунку 2.4

Динаміка імпорту та експорту газів нафтових та інших вуглеводнів у 2019-2023 рр., млн дол.

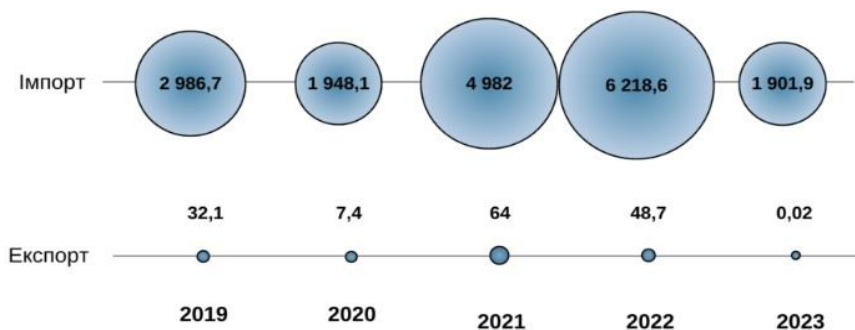


Рисунок 2.4 – Динаміка імпорту та експорту газів нафтових та інших вуглеводнів

Експорт газу, переважно природного та скраплених етилену, пропілену, бутілену і бутадієну, у 2022 році (44,6 тис. тонн) знизився на 65% порівняно з 2021 роком (128,8 тис. тонн). У 2023 році продаж газу майже не здійснювався – поставлено 22 тонни пропану, бутанів та інших скраплених газів вартістю 23 тис. дол. Зниження обсягів постачань пов'язано з заборонаю експорту природного газу з березня 2022 року та подальшому встановленні квот в нульовому обсязі, які діють і дотепер.

Однак все ж таки Україна має великий потенціал у запасах природних копалин, які зможуть зробити нашу державу енергонезалежною, що проілюстровано на рисунку 2.5.



Рисунок 2.5 – Енергетичний потенціал України

2.4 Аналіз енергетичного сектору України

Первинне постачання енергоресурсів – сума усіх джерел постачання енергоресурсів, що включає виробництво в країні, імпорт, експорт та зміни резервних запасів первинних джерел енергії (рисунок 2.6).

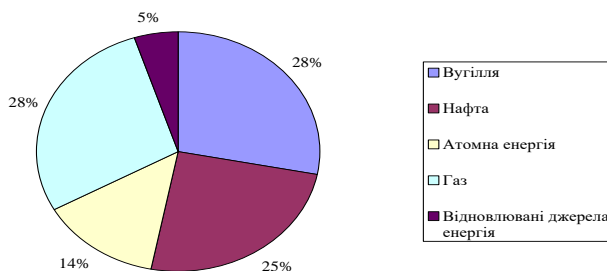


Рисунок 2.6 – Структура первинного постачання енергоресурсів в Україні

Кінцеве енергоспоживання - сума споживання енергії кінцевими споживачами, що включає кінцеву енергію (після перетворення), але не містить втрат при розподілі, та власного споживання енергетичного сектору (рисунок 2.7, 2.8).

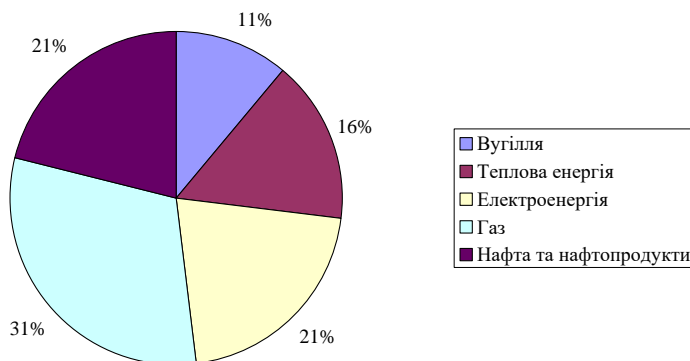


Рисунок 2.7 – Структура кінцевого енергоспоживання в Україні

млрд. \$

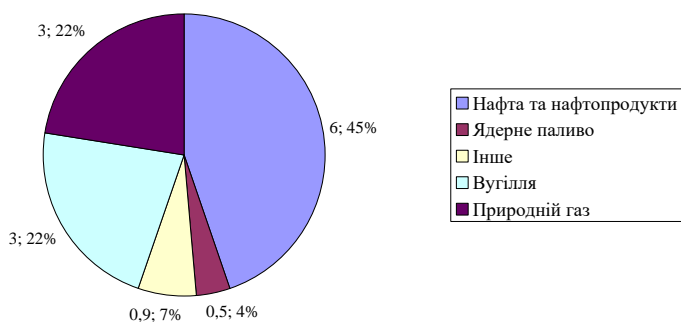


Рисунок 2.8 – Структура річного імпорту енергоресурсів в Україну, млрд. \$

Структура споживання енергоресурсів в Україні вирізняється порівняно невисокою часткою нафти, вищими рівнями використання атомної енергії та вугілля (у порівнянні з країнами Європи) [5].

Доцільно зберегти потенціал атомної енергетики України. Водночас, зважаючи на високий доступний потенціал відновлюваних енергоресурсів, зокрема біомаси, слід нарощувати обсяги їх використання з одночасним скороченням частки вугілля.

Майже за усіма групами енергоресурсів первинного енергоспоживання є імпортна залежність з високою часткою окремих постачальників.

Далі перейдемо до SWOT аналізу енергетичного сектора нашої країни (таблиця 2.2). Розглянемо слабкі та сильні сторони, а також можливості та загрози в енергетичному секторі нашої країни.

Таблиця 2.2 – SWOT аналізу енергетичного сектора України

Сильні сторони	Слабкі сторони
1	2
1. Високий ресурсний потенціал (запаси газу, нафти із газоконденсатом, урану, вугілля, біомаси)	1. Низька енергоефективність, яка зумовлює високу енергоємність та низьку конкурентоспроможність кінцевої продукції
2. Висока встановлена потужність АЕС (13,8 ГВт)	2. Низький рівень ККД електроенергетичних генераційних потужностей
3. Розгалужена система ліній електропередачі та високий рівень їх технологічної надійності	3. Відсутність дієвої системи фінансування енергетичних активів та низький рівень інвестиційного інтересу
4. Порівняно низька собівартість електроенергії	4. Монополізація окремих сегментів
5. Наявність потужної ГТС (газотранспортна система) та газових сховищ	5. Неefективне ціноутворення, відсутність стимулу до інвестицій
	6. Високий знос генеруючих і розподільних потужностей
	7. Зарегульованість сектору, елементи ручного регулювання, перехресне субсидування

Продовження таблиці 2.2

	8. Існування бар'єрів у вільній міжнародній торгівлі електроенергією (імпорту, експорту з України)
	9. Відсутність власного палива для АЕС (100% імпортна залежність)
	10. Проблеми з паливозабезпеченням ТЕС
	11. Низький рівень самозабезпечення нафто переробними потужностями
	12. Відсутність повноцінних дієвих механізмів монетизації субсидій для споживачів
	13. Низький рівень екологічності енергосектору
Можливості	Загрози
Будівництво нових блоків АЕС із залученням іноземних інвесторів	Імпортна залежність за усіма групами енергоресурсів
Нарощення газовидобутку та перетворення України на чистого експортера природного газу	Подальший знос енергетичних активів та енергорозподільчої інфраструктури
Формування газового хабу в Україні	Стагнація, деградація сектора, системні аварії внаслідок зносу енергетичних активів, техногенні аварії та катастрофи
Нарощування нафтовидобутку, забезпечення власних потреб у нафті та нафтопродуктах	Неоновлення енергогенеруючих активів та перетворення країни на нетто імпортера електроенергії через 10-15 років
Досягнення енергетичної незалежності України	Втрата позиції транзитера газу із РФ
Перетворення України у постачальника енергії в Європу	Інтегрованість енергосистеми України із РФ (залежність від регулювання із РФ)

Кінець таблиці 2.2

Інтеграція енергосистеми України із європейською системою ENTSO-E, нарощування експорту електроенергії в Європу	Високий рівень монополізації на енергетичних ринках
Лібералізація енергетичних ринків, запровадження ринкових механізмів ціноутворення	Низька цінова прийнятність послуг енергозабезпечення (висока частка субсидування енергетичних витрат населення)
Залучення іноземних інвесторів в сектор, додаткове фінансування інвестиційних програм	Закриття об'єктів теплової генерації через екологічні вимоги у випадку нефінансування заходів з їх модернізації
Зниження вартості енергії за рахунок запровадження нових технологій (зокрема використання потужностей акумуляції)	
Нарощування частки відновлювальних джерел енергії (СЕС, ВЕС, станції на біомасі, гідроенергетика, альтернативне паливо для автомобілів)	
Створення потужностей зберігання енергії	
Падіння попиту на традиційну енергію, яку Україна хоче експортувати в Європу (у кожному будинку буде маленький за розміром пристрій, який забезпечуватиме оселю електрикою)	

3 ЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА УКРАЇНИ

3.1 Сучасний стан

Об'єднана енергетична система України (ОЕС) [6] – це сукупність електростанцій, електричних і теплових мереж, що працюють в загальному режимі виробництва, передачі і розподілу електричної і теплової енергії. В ОЕС України паралельно працюють атомні (АЕС), теплові (ТЕС) та гідроелектростанції (ГЕС), теплоелектроцентралі (ТЕЦ), а також електростанції, які працюють на альтернативних (відновлювальних) джерелах електроенергії (ВДЕ) (сонячні, вітрові, біо- та інші). Всі вони об'єднані магістральними електричними мережами.

Щодо частки кожної складової в загальній структурі генерації електроенергії в Україні, то, щодо кількісного представлення виробників електроенергії в Україні: 4 атомні електростанції; 15 теплоелектростанцій, 2 з яких залишились на непідконтрольній території; 43 ТЕЦ, 10 з яких знаходяться на непідконтрольній території; основу гідроенергетики України становить каскад з 6 великих ГЕС на Дніпрі, а також Ташлицька ГАЕС на річці Південний Буг. Всього функціонує 8 ГЕС та 3 ГАЕС.

Всього на окупованих територіях України знаходиться 35% української генерації електроенергії.

- За даними Міністерства енергетики, Україна втратила 30% сонячної та понад 90% вітрової генерації, а також понад 50% теплових потужностей.

- На окупованій із 24 лютого Росією українській території опинились п'ять великих електростанцій: Запорізька АЕС, ДТЕК Запорізька ТЕС, Каховська ГЕС, Вуглегірська ТЕС, ДТЕК Луганська ТЕС. Їхня загальна потужність близько 14 ГВт. Це без урахування міських ТЕЦ, сонячних та вітрових електростанцій. Загальна потужність української енергосистеми – понад 50 Гвт.

- Ще чотири електростанції знаходяться менш ніж за 20 км від лінії фронту: ДТЕК Криворізька ТЕС, ДТЕК Курахівська ТЕС, Зміївська ТЕС, Слов'янська ТЕС. Їхня загальна потужність приблизно 8 Гвт.

- Потужність однієї Запорізької АЕС – понад 6 ГВт. Це найбільша атомна електростанція в Європі та дев'ята за потужністю в світі. До війни вона забезпечувала виробництво майже чверті електроенергії в країні. У 2021 році електростанції України виробили 156,6 млрд кВт·год, ЗАЕС – 35,5 млрд кВт·год.

- Оскільки в Україні зараз профіцит потужності, відключення ЗАЕС навряд чи стане проблемою для енергосистеми. Але споживання електроенергії в опалювальний період може зрости більше ніж на чверть у порівнянні з літніми місяцями.

Найбільша українська СЕС встановлена в Нікопольському районі Дніпровської області і вона є другою за потужністю СЕС в Європі, а найбільша українська ВЕС знаходиться в Запорізькій області.

Співвідношення джерел генерації та збалансованість енергосистеми надзвичайно важливі для енергетичної безпеки держави й мають гарантувати стабільне електропостачання країни за різних природних, техногенних, управлінських, соціально-економічних умов та зовнішньополітичних факторів.

Виробництво енергії

Виробництво енергії найчастіше відбувається у кілька стадій:

- отримання та концентрація енергетичних ресурсів
- передача ресурсів до енергетичних установок
- перетворення за допомогою електростанцій первинної енергії у вторинну
- передача вторинної енергії споживачам

Традиційні види енергії

Традиційні види енергії – це основний постачальник електроенергії у світі. Її одержують на електростанціях (ТЕС, АЕС, ГЕС).

Традиційні види енергії широко використовуються людиною, в даний час включають:

- ядерне паливо (уран, цирконій, торій тощо),
- викопне паливо (тверде паливо – вугілля, торф, деревина, рідке паливо – нафта, газове паливо – природний газ)
- гідромеханічна енергія.

Нетрадиційні види енергії

Нетрадиційні види енергії – це відновлювані джерела енергії, що включають перетворення енергії сонячної радіації, внутрішньої теплоти Землі, енергії вітру, припливів; технології отримання біопалива та інше.

Нетрадиційна енергетика має більш спеціалізовані області застосування, зокрема:

–**сонячна** – випромінювання Сонця, яке використовується в якості електричної та теплової енергії;

–**вітрова** – кінетична енергія вітру, що використовується для отримання електричної енергії у вітрових турбінах.

–**геотермальна** – тепла енергія, що надходить на поверхню Землі з надр, в основному у вигляді води або гарячої пари.

–**біопаливо** – розрізняють 3 основних види біологічно палива:

- газоподібне – різні газові суміші з чадним газом, метаном, воднем, які отримуються внаслідок термічного розкладання сировини у присутності кисню (газифікація), без кисню (піроліз) або при зброджуванні під впливом бактерій.

- рідке – це спирти (метанол, етанол, бутанол), ефіри, біодизель та біомазут

- тверде – тверда біомаса і похідні тваринні продукти, що використовують безпосередньо як паливо або перетворюють в іншу вигляд перед тим як спалити (деревина, відходи рослинного і тваринного походження)

–**енергія хвиль і припливів** – механічна енергія припливних потоків або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії

3.2 Виробництво, перетворення, розподіл і споживання електричної енергії

Особливістю процесу виробництва, передачі і споживання електроенергії є його безперервність. Процес виробництва електроенергії співпадає за часом з процесом її споживання, тому електростанції, електричні мережі і електроприймачі споживачів

зв'язані спільністю режиму. Спільність режиму викликає необхідність організації енергетичних систем.

Енергетична система (енергосистема) є сукупністю електростанцій, ліній електропередачі, підстанцій і теплових мереж, зв'язаних в одне ціле спільністю режиму і безперервністю процесу виробництва і розподілу електричної і теплової енергії. Частиною енергетичної системи є **електрична система**, що складається з генераторів, розподільних пристроїв, електричних мереж і електроприймачів.

Електроустановки- це спеціальні електротехнічні пристрої, в яких проводиться, перетворюється, розподіляється і споживається електроенергія і, які діляться залежно від робочої напруги на електроустановки напругою до 1000 В і електроустановки напругою вище 1000 В.

Розподільним пристроєм (РП) є електроустановка, що слугує для прийому і розподілу електроенергії без перетворення і трансформації (на одній напрузі) і містить комутаційні апарати, пристрої захисту, автоматики і телемеханіки, вимірювальні прилади, збірні шини і допоміжне устаткування. Розподільні пристрої поділяються на відкриті (розташовані на відкритому повітрі) і закриті (у будівлі). У міських умовах в більшості випадків застосовуються закриті розподільні пристрої.

Підстанція – це електроустановка, що слугує для перетворення і розподілу електричної енергії і складається з РП, силових трансформаторів або інших перетворювачів електроенергії і допоміжних пристроїв.

Передача електричної енергії [3, 4]

Передача електричної енергії – технологія передачі енергії від місць генерування (електростанцій) до місць споживання. Передача електроенергії здійснюється за допомогою електричних мереж, до складу яких входять перетворювачі, лінії електропередачі та розподільні пристрої.

Електрична мережа – це сукупність підстанцій, розподільних пристроїв і ліній електропередачі, що з'єднують їх, призначена для передачі та розподілу електричної енергії. Електрична мережа забезпечує можливість видачі потужності електростанцій, її передачі на відстань, перетворення параметрів електроенергії (напруги, струму)

на підстанціях та її розподіл територією аж до безпосередніх електроприймачів.

В даний час застосовуються схеми передачі (рисунок 3.1), в які входять:

- електростанція (електричний генератор);
- підвищувальний трансформатор;
- лінія електропередачі;
- знижувальний трансформатор

Якщо первинна напруга менша від вторинної, то трансформатор називається підвищувальним, якщо ж первинна напруга більша за вторинну, то - знижувальним. Будь-який трансформатор можна використати як підвищувальний, так і знижувальний. Дія трансформатора ґрунтується на явищі електромагнітної індукції.



Рисунок 3.1 – Структура технічних засобів енергозабезпечення підприємства

Структура технічних засобів енергозабезпечення підприємства

Технічні засоби енергозабезпечення підприємства залежно від виконуваних ними функцій можна розділити на такі:

- передавальні;
- розподільні;
- перетворювальні;
- приймальні;
- обліку;
- компенсуючі;
- пристрої безпеки.

Основними вимогами до енергетичного обладнання є такі:

- надійність;
- великий міжремонтний період;
- стабільність та якість вихідних параметрів;
- безперебійність роботи.

Розглянемо названі пристрої та їх характеристики більш детально.

Передавальними пристроями можуть бути електричні мережі (ЛЕП), шинопроводи, магістральні газопроводи, газові мережі, локальні теплові мережі. До теплових мереж, крім трубопроводів, відносять також насоси, що перекачують теплоносій.

Розподільні пристрої розподіляють енергію або енергоносій між споживачами. До них відносять об'єктні (внутрішні розподільні) мережі, трансформаторні підстанції, вимикачі, розподільні шафи, розподільні газові мережі, пункти газорозподілу, газові підстанції, шафні розподільні станції, теплові пункти, запірна арматура, клапани тощо. Основна їх функція – забезпечення транспортування енергоресурсів до енергоспоживаючого обладнання у необхідній кількості та безперебійно.

Перетворювальними пристроями називають обладнання, що змінює фізичну параметри енергоресурсів, які подаються на те чи інше енергоспоживальне обладнання. Ними можуть бути електронні перетворювачі, що змінюють частоту електричного струму (трансформаторні, транзисторні, механічні), випрямлячі, що перетворюють змінний струм на постійний, інвертори, які перетворюють постійний струм на змінний. Ці пристрої застосовують для збільшення або зменшення (регулювання) частоти обертання електродвигунів.

Випрямлячі та інвертори застосовують для живлення систем і приладів, які використовують постійний струм, вони також використовуються на великих ЛЕП, які з'єднують міждержавні об'єкти для виключення взаємного впливу на якість енергії, що передаються цими ЛЕП.

Стабілізатори напруги використовують при живленні комп'ютерів та іншої електронної техніки.

Приймальні пристрої використовуються для підключення енергоспоживаючого обладнання. До приладів обліку відносять вузли

обліку використаних енергоресурсів, які включають арматуру (дроселі, крани, засувки, фланці), виконавчу та реєструючу апаратуру.

Виконавча та реєструюча апаратура може бути механічною, електричною, акустичною, електронною різного типу потужності.

Виконавча апаратура залежно від конструкції засобів обліку може проводити виміри лінійних величин, швидкості, енергетичних параметрів енергоносіїв.

До **компенсуючих пристроїв** відносять пристрої, що дають можливість компенсувати реактивну енергію (ємнісні, індуктивні, синхронні двигуни). **Компенсуючі** пристрої теплотрас (запобігання змінам довжини труби при температурному розширенні), компенсаторні баки для компенсації наслідків гідрударів тощо.

Пристрої безпеки використовують для безаварійної подачі енергоресурсів або аварійного відключення системи у разі перевищення максимальних параметрів функціонування системи. До них відносять електричні запобіжники, аварійні запобіжники, діафрагми ємності та трубопроводів, механічні запобіжні клапани тощо. Особливу увагу необхідно звертати на стабільність подачі енергоресурсів та їх якість, бо від цього залежить якість продукції, яку випускає підприємство, та безаварійність його роботи. У загальному вигляді структура технічних засобів представлена на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – Структура технічних засобів енергозабезпечення підприємства

3.3 Особливості електричної енергії

Головна особливість електроенергетичних систем полягає у неможливості акумулювання електричної енергії, що визначає одночасність процесів виробництва, розподілу та споживання електричної енергії. Ця особливість електроенергетичних систем перетворює взаємно віддалені у просторі на десятки, сотні і, навіть, тисячі кілометрів окремі ланки виробництва, передачі та розподілу електричної енергії в єдиний складний механізм електроенергетичної системи, функціонування якого базується на загально фізичному законі зберігання енергії. Тобто сумарна енергія, вироблена електричними станціями системи завжди дорівнює спожитій електричній енергії. Таке положення справедливо для будь-якого періоду часу, що визначає баланс потужності в електричній системі. Сумарна потужність джерел електричної енергії завжди дорівнює сумарній потужності споживачів (включаючи втрати на передавання енергії по електричній мережі). Це визначає взаємну залежність між усіма елементами електроенергетичної системи таким чином, що будь-яка зміна режиму будь-якого елемента електроенергетичної системи відіб'ється на режимах всіх інших елементів. Причому, що потужніше внесене в систему збурення, то більший вплив воно здійснить на режими роботи інших елементів [5, 6].

Також тут варто зважати на те, що процеси електроспоживання є стохастичними та підпорядковуються законам розподілу ймовірнісних величин. Це визначає принципову неможливість точного передбачення складу та потужності приймачів електричної енергії у кожний наступний момент часу. Таким чином, для гарантування надійного електропостачання генератори електричних станцій мають забезпечувати плавне регулювання своєї потужності відповідно до флуктуацій (випадкове відхилення якоїсь величини) споживачів електричної енергії. Крім того в електричній системі має бути забезпечений певний резерв генеруючої потужності на випадок аварійного або ремонтного вимкнення генераторів електричних станцій. Дійсно, у разі відімкнення від мережі генеруючих потужностей електричних станцій баланс потужності в системі порушуватиметься, що вимагатиме обмеження споживання електричної енергії. Тут для забезпечення електропостачання у

повному обсязі електрична система має містити певні обсяги резерву, які покриватимуть можливі небаланси у разі аварійного або ремонтного вимкнення потужностей електростанцій.

Друга особливість електроенергетичних систем полягає у високій швидкості протікання процесів передавання та розподілу електричної енергії. Відомо, що швидкість розповсюдження електромагнітних хвиль вздовж повітряних ліній електропередавання близька до швидкості світла, а час протікання електромагнітних перехідних процесів обмежений сотими долями секунди. Ця обставина визначає неможливість організації винятково «ручного» управління електроенергетичною системою, оскільки через обмеження психофізичних можливостей реакція людини є загальмованою порівняно з часом протікання електромагнітних та хвильових перехідних процесів. У таких обставинах обов'язковим є залучення автоматичних засобів регулювання та управління режимами електричних систем, спрямованих, наприклад, на локалізацію аварійних збурень, автоматичне регулювання потужності електричних станцій тощо.

Сучасні мікропроцесорні засоби релейного захисту та автоматики спроможні діагностувати виникнення збурень протягом доли періоду змінного струму та виробити необхідні керуючі сигнали, спрямовані на забезпечення нормальної роботи електричної системи таким чином, щоб протікання виникаючих перехідних процесів залишалось в допустимих межах.

Третя особливість електроенергетичних систем полягає у тісному зв'язку електроенергетики з усіма галузями економіки та побуту. Споживачами електричної енергії є електроприймачі промислових та непромислових підприємств, сільського господарства, транспорту, будівництва, комунально-побутового сектору. Тут варто зважати на те, що електроенергетика є «обслуговуючою» галуззю для інших галузей діяльності людини. Це визначає необхідність своєчасного випереджального розвитку електроенергетичних систем. Річ у тім, що розвиток сучасних промислових та непромислових інфраструктур потребує відповідного зростання обсягів виробництва та будівництва нових транспортних систем передачі та розподілу електричної енергії.

Таке енергетичне будівництво має бути здійснене випереджальними темпами таким чином, щоб на момент введення

нових об'єктів електроспоживання електроенергетична система вже мала відповідні резерви для покриття нових навантажень.

Четверта особливість електроенергетичних систем полягає в тому, що на транспортування електричної енергії витрачається її певна частина, яку називають втратами.

Втрати електричної енергії пов'язані із двома факторами:

- витрати енергії на власні потреби електричних станцій, підстанцій та мереж, наприклад, на освітлення територій, обігрів приміщень, роботу обслуговуючих механізмів та апаратів тощо;

- технічні втрати електричної енергії в устаткуванні електричних мереж, пов'язані, наприклад, з нагріванням струмоведучих проводів ліній електропередавання та обмоток силових трансформаторів, іонізацією повітря навколо проводів повітряних ліній, які знаходяться під дією високої напруги, перемагнічення осереддя силових трансформаторів тощо.

Наявність втрат електричної енергії вимагає їх обов'язкове урахування під час складання енергетичного балансу, наприклад, під час планування режимів електроенергетичних систем. Тут основна особливість полягає в тому, що втрати електричної енергії, особливо технічні, визначаються поточними режимами напруги та струморозподілу електричної системи. Це унеможливорює точне визначення складової втрат в загальному енергетичному балансі планованих режимів електроенергетичних систем та вимагає передбачення у складі системи регулювальних станцій, призначених для покриття втрат електричної енергії на її транспортування.

4 РОЗПОДІЛЕНА ГЕНЕРАЦІЯ

4.1 Основні поняття

Розподілена генерація (англ. distributed power generation) — це система виробництва та передачі енергії, яка передбачає велику кількість споживачів, що водночас є виробниками електрики та тепла для власних потреб, і мають можливість передавати надлишки виробленої енергії до загальної мережі.

Енергетичні установки у системі розподіленої генерації можуть бути від декількох кіловат до декількох десятків МВт. Це можуть бути сонячні панелі на будинку, малі вітряки, а також комбінації цих та інших технологій.

Закон України «Про ринок електричної енергії» визначає розподілену генерацію як “електростанція, встановленої потужності 20 МВт та менше, приєднана до системи розподілу електричної енергії”.

Історично системи електропостачання базувалися в основному на великих електростанціях, які передають електроенергію споживачам через магістральні та розподілені мережі. Так побудована і енергосистема України. Вона базується на відносно невеликій кількості великих вугільних і атомних електростанцій.

Така система має ряд суттєвих недоліків, які стали очевидними за роки її роботи:

- втрати електроенергії під час транспортування, адже генерація не є прив'язаною безпосередньо до споживача. В Україні цей індикатор є вдвічі більшим ніж середній показник у світі (14 % проти 8 %), що свідчить про застарілість мереж і економічно неефективне використання наявних ресурсів.

- викиди з вугільних електростанцій негативно впливають на здоров'я мешканців міст, поряд з якими вони розташовані (наприклад, Трипільська ТЕС), і вкладають суттєвий внесок до глобальної зміни клімату;

- безпечність атомних електростанцій після аварій на ЧАЕС і АЕС «Фукусіма-1» в Японії під великим питанням, а вартість “пост-Фукусімських” заходів із підвищення безпеки АЕС суттєво вплинула на конкурентноздатність атомної енергетики.

Навіть за нормальної роботи АЕС продукують багато високорадіоактивних відходів. Проблема тривалого захоронення все ще не вирішена ніде у світі, а вартість захоронення відходів і відпрацьованого ядерного палива - не включена до ціни електрики, що виробляється на АЕС.

4.2 Сучасний стан

Якщо більш детально, розподілена генерація – це децентралізоване виробництво електроенергії, яке здійснюється невеликими енергетичними установками безпосередньо біля місць її споживання.

На відміну від традиційної централізованої енергетичної системи, де електроенергія генерується на великих електростанціях і передається на великі відстані через магістральні лінії електропередач, розподілена генерація використовує локальні джерела енергії.

Це можуть бути: сонячні панелі, вітрові електростанції, біогазові установки, малі гідроелектростанції, газові міні-ТЕЦ (теплоелектроцентралі), генератори на основі відновлюваних або традиційних джерел енергії.

Розподілена генерація значною мірою базується на використанні відновлювальних джерел енергії, а це надає низку вагомих переваг, про які поговоримо більш детально:

- Надійність і стійкість. У випадку аварій або військових атак на енергетичну інфраструктуру розподілені джерела можуть оперативно компенсувати втрати.

- Зменшення втрат при передачі електроенергії. Генерація електроенергії відбувається поблизу місця споживання, відповідно зменшуються втрати енергії під час її транспортування через магістральні лінії електропередачі.

- Енергетична незалежність. Зменшення залежності від викопного палива.

- Екологічність. Використання відновлюваних джерел енергії, сприяє зниженню шкідливих викидів в атмосферу.

- Тренд сталого розвитку. Допомогає бізнесу адаптувати свою роботу до умов сталого розвитку, тим самим збільшуючи його конкурентоспроможність.

- Гнучкість і масштабованість. Можна адаптувати для малих домогосподарств, підприємств або великих об'єктів. Гнучкість у виборі типів джерел енергії та можливість поєднання різних джерел робить розподілену генерацію стійкою до зовнішніх факторів.

- Перебудова енергетичної системи у більш інклюзивну. Вона буде також у безпосередній власності населення, а не лише корпорацій.

- Зниження вартості електроенергії. Локальне виробництво енергії дозволяє зменшити витрати на транспортування та інфраструктуру, що призводить до зниження загальної вартості електроенергії. Також, як відомо, викопне паливо схильне до зростання.

- Зменшення навантаження на центральні мережі. Розподілена генерація дозволяє уникати перевантажень і підвищує стабільність національної енергосистеми.

- Резервне та аварійне живлення. Резервне живлення для об'єктів, що потребують безперервного енергопостачання (лікарні, системи зв'язку, водоканали тощо).

- Стимулювання розвитку місцевих економік. Встановлення та обслуговування локальних джерел енергії створює нові робочі місця на місцевому рівні.

Розподілена генерація відноситься до різноманітних технологій, які виробляють електроенергію в місці або поблизу, де вона буде використовуватися, наприклад, сонячні панелі та комбіноване тепло та електроенергія. Розподілена генерація може обслуговувати одну структуру, таку як дім чи бізнес, або вона може бути частиною мікромережі (меншої мережі, яка також пов'язана з більшою системою доставки електроенергії), наприклад, на великому промисловому об'єкті, військовій базі, або комунальному підприємстві, лікарні, університеті тощо. При підключенні до розподільних ліній низької напруги електромережі розподілена генерація може допомогти забезпечити доставку чистої, надійної електроенергії до додаткових споживачів і зменшити втрати електроенергії на лініях передачі та розподілу.

Розподілена генерація може принести користь навколишньому середовищу, якщо її використання зменшує кількість електроенергії, яка повинна вироблятися на централізованих електростанціях, у свою

чергу, може зменшити вплив централізованої генерації на навколишнє середовище.

Розподілена генерація включає в себе, в тому числі, і газові генератори малої потужності, які можуть підтримувати роботу критично важливих об'єктів, таких як теплокомуненерго та водоканали.

Когенераційні установки економічно вигідні для виробництва електроенергії для власних потреб і не тільки, оскільки дозволяють не платити споживачу за її транспортування. Сьогодні на ринку склалася ситуація, коли генерувати енергію для власних потреб можна дешевше, ніж купувати з мережі. Сюди ж накладається питання дефіциту потужностей та відключення. Всі умови склалися для того, щоб великий бізнес, який багато споживає, зайнявся встановленням таких станцій, адже навіть після закінчення бойових дій власні установки будуть рентабельними.

За ринкової вартості природного газу вартість електроенергії без обслуговування становитиме близько 4-5 гривень за кВт-год. Електроенергія з дизеля коштуватиме від 25 гривень за кВт-год. Тому це цікаво, навіть якщо продукувати лише електроенергію.

Крім цього, проекти з використанням когенераційних газопоршневих установок мають відносно невелику вартість капіталовкладень порівняно з відновленням великих станцій, яка у 2-3 рази менша на встановлений кіловат електричної потужності.

Слід відмітити і швидкість впровадження таких проектів. Наприклад, для виробництва обладнання, його встановлення і запуску на об'єкті потрібно до 8-10 місяців. Що в сьогоднішніх умовах є найкращим варіантом. Газопоршневі установки, на відміну, від СЕС та ВЕС можуть працювати 24/7 з однією потужністю, а також швидко, за потреби споживачів, як знижувати її, так і нарощувати, практично за лічені хвилини. Також, газопоршневі станції паралельно генерують і теплову енергію, приблизно тієї ж потужності, що і електрику. Це може бути вигідно передусім для теплоенерго, адже вони використовують його для опалення будівель, а також для тепломістких підприємств: молочних підприємств, харчової промисловості. Тому, когенераційні установки мають переваги над іншими джерелами, особливо, взимку, коли існує потреба в теплі також.

Таким чином, перехід до розподіленої генерації має переваги не лише з огляду на війну, а ще й з огляду на економічну доцільність. Ще

п'ять років тому ці системи окупувалися за 10-30 років, а зараз їх можна окупити протягом трьох років.

Іншим варіантом, може бути впровадження проектів СЕС, які мають як свої переваги, так і недоліки.

Перевагами таких проектів є їх відносна дешевизна, капвитрати на 1 кВт встановленої потужності СЕС приблизно на тому ж рівні, що і газопоршневі станції. Також, термін впровадження проектів СЕС (в залежності від потужностей) схожий до встановлення когенераційних станцій.

Також, до переваг СЕС можна віднести невичерпне джерело енергії – сонячна енергія. Але в цьому ж є і свої недоліки, так як сонячна енергія є тільки в світлий час доби (вдень). Крім цього, потужність СЕС може дуже сильно «просідати», наприклад, коли хмарний день, або ж взимку, коли світловий день триває лише декілька годин. СЕС може комплектуватися акумуляторними батареями, які дозволять споживачам отримувати електроенергію і у вечірній час, однак капітальні витрати в такому разі зростуть на порядок. В проектах слід також пам'ятати про деградацію як панелей, так і акумуляторних батарей, які через 10 років втратять ємність на 20%.

Все ж, в економічному сенсі, СЕС є цілком життєздатною ідеєю, оскільки протягом 2023 року сонячні панелі знову подешевшали майже вдвічі, в результаті чого в усьому світі було введено в експлуатацію 473 ГВт нових потужностей відновлюваної енергії. З них 346 ГВт виробляють сонячні електростанції, завдяки чому сонячна енергетика стала світовим лідером серед усіх відновлюваних джерел за встановленою потужністю.

Для України виявляється, що створення мережі зі 100 сонячних електростанцій з акумуляторними батареями обійдеться дешевше, ніж відновлення зруйнованих ТЕС і ГЕС (які лише знову стануть ціллю для ракетних ударів). Енергетичній системі все одно знадобиться додаткова маневреність, але як тільки вона буде підключена до мережі Європейського Союзу, цю проблему, ймовірно, буде легше вирішити за допомогою передачі енергії на вимогу.

Слід визнати, що деякі СЕС, навіть розташовані в глибині українського тилу, були цілеспрямовано знищені ракетними ударами (зокрема в Харківській, Дніпровській та Миколаївській областях). Сонячні електростанції поблизу міста Олешки на Херсонщині також

знанали руйнації, оскільки вони знаходились у зоні затоплення паводковими водами з Каховської ГЕС. Але пошкоджені сонячні електростанції вимагають мінімального часу для відновлення, адже потрібно лише встановити нові стандартні модулі замість зламаних.

Перехід України на відновлювані та альтернативні джерела енергії зменшить вартість енергопостачання, зменшить викиди парникових газів і зробить енергетичну систему більш інклюзивною: вона буде безпосередньою власністю населення, а не лише корпорацій.

4.3 Досвід інших країн

Враховуючи фактори перелічені вище, у світі все більше уваги приділяється розвитку розподіленої генерації. Світовий ринок розподіленої генерації демонструє значні темпи зростання. У 2023 році його вартість оцінювалася від 150 до 250 мільярдів доларів США, що становить приблизно 10-20% від загальної генерації електроенергії.

В країнах ЄС розподілена генерація виробляє в середньому близько 10% від загального обсягу виробництва електроенергії, найвищий показник – у Данії 50%. Згідно з опитуванням World Energy Council, більше 50% експертів енергетичної сфери з усього світу очікують зростання частки розподіленої генерації мінімум на 15% від загальної встановленої потужності у своїх країнах до 2025 року.

Bloomberg New Energy Outlook зазначає, що до 2050 року третина сонячних електростанцій буде належати саме споживачам. Це свідчить про підвищений інтерес до децентралізованих енергетичних джерел і систем, що мають великий потенціал у забезпеченні енергонезалежності.

Щодо досвіду Європи у впровадженні розподіленої генерації, то він доволі цікавий та корисний для України. Однак, варто пам'ятати, що аналогічного досвіду побудови нової генерації під час війни немає і це потрібно враховувати.

Лідерами в розвитку розподіленої генерації стали Німеччина, Данія та Нідерланди, які використовують відновлювані джерела енергії. Німеччина зробила вагомий крок у розвитку відновлюваних джерел через свою програму "Energiewende", що передбачає масштабну трансформацію енергетичної системи.

Програма полягає у поширенні розподіленої генерації на місцевому рівні завдяки пільгам, грантам та зручним механізмам підключення до мережі.

Ще у 1990-х, була створена державна програма підтримки малих сонячних електростанцій "Тисяча сонячних дахів", яка згодом трансформувалась у програму "Сто тисяч сонячних дахів".

Завдяки цій програмі було доведено, що дахи звичайних приватних будинків є добре пристосованими для децентралізованого виробництва фотоелектроенергії. Цікавим прикладом є село Фельдхайм в Німеччині, яке повністю забезпечує себе енергією з відновлювальних ресурсів.

Щодо Данії, то тут активно розвивається вітрова енергетика. Більше 50% споживання електроенергії в країні забезпечується за рахунок вітрових турбін. Місцеві громади активно інвестують у місцеві енергетичні проекти з розподіленої генерації.

Також Данія розвинула систему, де теплопостачання успішно інтегрується з балансуванням електроенергії. Половина електроенергії Данії виробляється невеликими комбінованими тепло- й електростанціями.

Нідерланди історично відомі своїми вітряками, і сьогодні країна є однією з лідерів у розвитку сучасних вітрових установок. Також один із ключових аспектів нідерландського досвіду — це активна участь місцевих громад у розвитку розподіленої генерації.

До слова, Україна також має свої успішні кейси. Северинівка, що у Жмеринському районі Вінниччини, ще у 2015 році стало енергонезалежним селом.

4.4 Перспективи розвитку розподіленої генерації в Україні

Стратегія розвитку розподіленої генерації на період до 2035 року прийнята від 18 липня 2024 року гласить: "Об'єднана енергетична система України будувалася як централізована з великими вузловими електростанціями та системою передачі електричної енергії з лініями високих класів напруг. Така побудова об'єднаної енергетичної системи України є вразливою в умовах повномасштабної збройної агресії Російської Федерації. Так, у разі пошкодження великої кількості об'єктів генерації (електростанцій)

та/або високовольтних трансформаторних підстанцій системи передачі можливе виникнення системної аварії з тривалим знеструмленням значної кількості споживачів. Зважаючи на масштаб пошкоджень існуючих генеруючих потужностей та необхідність розосередження генерації для посилення стійкості енергосистеми, **виникла нагальна потреба в прискореному будівництві та/або розміщенні нової розподіленої генерації шляхом**, зокрема, вжиття скоординованих організаційних, регуляторних, правових та економічних заходів".

Отож, європейський досвід у розвитку розподіленої генерації є успішним завдяки поєднанню інноваційних технологій, регуляторної підтримки та участі місцевих громад. Разом з тим, виокремлюються основні виклики, які варто взяти до уваги:

- Нестабільність відновлюваних джерел: сонячна та вітрова енергія залежать від погодних умов, тому тут є необхідність в інвестиціях у системи зберігання енергії та резервні потужності.
- Інтеграція нових потужностей в існуючі енергомережі та забезпечення їх стабільної роботи.
- Високі початкові витрати: розвиток розподіленої генерації потребує значних інвестицій і саме це питання особливо гостре для України.

При впровадженні нової енергетичної системи, необхідно достатньо уваги приділити сучасним технологічним розробкам, адже вони відіграють ключову роль. Зокрема, мова йде про "розумні мережі", які з розподіленою генерацією виступають взаємодоповнюючими партнерами.

Розподілена генерація створює потребу в більш складному управлінні та балансуванні мережі, що забезпечують "розумні мережі". Це електричні мережі, що використовують цифрові технології для моніторингу та управління виробництвом, розподілом і споживанням енергії. До сучасних технологічних розробок також відносять: системи зберігання енергії (новітні акумуляторні технології дозволяють зберігати надлишкову енергію, забезпечуючи стабільність постачання навіть при змінних умовах генерації), інтернет речей (IoT) (підключені пристрої та сенсори дозволяють моніторити та керувати енергоспоживанням на різних рівнях, підвищуючи ефективність та зменшуючи витрати) і блокчейн-технології (забезпечують прозорість та безпеку транзакцій в енергетичному секторі, сприяють розвитку

децентралізованих енергетичних ринків та прямих взаємодій між виробниками та споживачами).

Безумовно розподілена генерація та сучасні технології повинні працювати у тісному тандемі, щоб досягти хороших результатів.

Повертаючись до українських реалій, можна сміливо заявити, що з економічної точки зору розподілена генерація для України цілком життєздатна ідея. Протягом 2023 року сонячні панелі подешевшали майже вдвічі, в результаті чого в усьому світі було введено в експлуатацію 473 ГВт нових потужностей відновлюваних джерел енергії (346 ГВт з них це сонячні електростанції).

Для України створення мережі зі 100 сонячних електростанцій з акумуляторами може обійтись дешевше, ніж відновлення зруйнованих ТЕС і ГЕС (які знову стануть цілями для ракетних ударів).

Звісно локальні джерела енергії є мішенню ворога також, але їх потужність в рази менша, відповідно й втрати менші, пошкодження одного з джерел не призводить до відключення електроенергії для всіх. Також їх пошкодження вимагають мінімального часу для відновлення.

Щодо законодавчих нововведень, то 18 вересня 2024 року набув чинності закон №3915-ІХ у якому врегульовується використання термінології у сфері впровадження "розумних мереж" (прийнятий нормативно-правовий акт є продовження Концепції впровадження "розумних мереж" в Україні до 2035 року).

13 серпня український уряд ухвалив три важливі рішення для розвитку розподіленої генерації: Постанова Кабінету Міністрів України №761-р "Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року", Постанова Кабміну №757-р "Деякі питання проведення пілотних аукціонів з розподілу квоти підтримки у 2024 році" та Постанова Кабміну №756-р "Умови проведення конкурсу на будівництво генеруючої потужності та виконання заходів з управління попитом".

Також для швидшого розвитку розподіленої генерації спрощено процедуру підключень, розширено дію програми "Доступні кредити 5-7-9%". Хорошою ініціативою є проєкт ПРООН "Усунення бар'єрів для сприяння інвестиціям в енергоефективність громадських будівель у малих та середніх містах України шляхом застосування механізму енергосервісних компаній".

З метою впровадження даного проєкту між Фондом розвитку підприємництва та Глобус Банком укладено угоду про співробітництво. Метою є забезпечення доступного фінансування енергосервісних компаній. У роботі будуть поєднуватись різні інструменти фінансової підтримки: компенсація відсотків за державною програмою "Доступні кредити 5-7-9%", кредитні гарантії Фонду розвитку підприємництва та часткове погашення кредитів енергосервісних компаній за підтримки ПРООН. Максимальна сума кредиту для виконання одного енергосервісного договору становить 8 млн грн.

Отож, тепер підсумуємо та визначимо основні кроки необхідні для розвитку розподіленої генерації електроенергії в Україні:

1. Реформування законодавчої бази

- Вдосконалення правової бази (поширення на розподілені об'єкти умов закону щодо підтримки проєктів зі значними інвестиціями, створення посади першого віцепрем'єра, який координував би даний розвиток).

- Запровадження системи підтримки для мікро- та малих генерацій (законодавчі механізми для стимулювання малих виробників електроенергії, "зелений" тариф тощо).

- Захист інвесторів (захист від регуляторних ризиків, особливо стосовно "зеленого" тарифу і компенсацій за надлишки виробленої енергії).

2. Модернізація та розвиток енергетичної інфраструктури

- Модернізація електромереж (заміна застарілої інфраструктури).

- Розвиток "розумних мереж" (впровадження "розумних мереж" допоможе автоматизувати контроль та управління виробництвом і споживанням електроенергії).

- Інтеграція систем зберігання енергії (розвиток технологій зберігання електроенергії: батареї, гідроакumuлюючі станції).

3. Фінансові стимули та підтримка

- Державні субсидії та податкові пільги (запровадження програм державних субсидій, особливо для малих і середніх підприємств та приватних домогосподарств).

- Кредитні програми та гранти (створення доступних кредитних програм та грантів).

- Спрощення інвестиційної моделі (створення умов для залучення інвестицій у розподілену генерацію через різні механізми фінансування, включаючи моделі спільного фінансування (crowdfunding) та енергетичні кооперативи).

- Створення сприятливих умов для залучення міжнародної підтримки (залучення грантів та кредитів від міжнародних фінансових організацій, таких як Світовий банк або Європейський банк реконструкції та розвитку, тощо).

4. Розвиток місцевих ініціатив

- Підтримка місцевих ініціатив (можливість громад самостійно розвивати проекти відновлюваної енергетики, наприклад через доступ до фінансових інструментів або пільгових програм підтримки).

5. Інформаційно-освітня робота

- Підвищення обізнаності громадян (проведення інформаційних кампаній).

- Освіта та підготовка фахівців (розвиток програм професійної підготовки відповідних спеціалістів).

Як бачимо, сьогодні українські реалії дають нам нові явища, які мають потенційну потужність і створюють умови побудови інноваційної моделі енергетичної системи, що буде керуватися світовим трендам.

Перспективи розподіленої генерації в Україні багатообіцяючі, тому об'єднавши усі ресурси та зусилля, ми обов'язково зможемо успішно впровадити даний сектор і досягти енергетичної незалежності та сталого розвитку.

Розподілена генерація має стати важливим інструментом для забезпечення енергетичної безпеки України в умовах війни. Це децентралізована, стійка система, що може допомогти подолати наслідки російської агресії та збудувати більш стійку енергетичну систему в майбутньому.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Шкрабець Ф.П. Електропостачання: навч. посіб. / Ф.П. Шкрабець; М-во освіти і науки України, Нац. гірн. ун-т. –Д.: НГУ, 2015. –540
2. Шестеренко В.Є. Системи електроспоживання та електропостачання промислових підприємств: Підручник / В.Є. Шестеренко. – Вінниця: Нова книга, 2004. – 656 с.
3. Василега П.О. Електропостачання: навчальний посібник /П.О.Василега. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. – 415 с.
4. Маліновський, А.А. Основи електроенергетики та електропостачання: підручник /А.А. Маліновський, Б.К. Хохулін. – Львів: Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2009. – 436 с.
5. Качан Ю.Г. Системи виробництва та забезпечення якості електричної енергії. Навчальний посібник з грифом МОН України / Ю.Г. Качан, С.А. Левченко// Запоріж.держ.інж.акад. – Запоріжжя: ЗДА, 2014. – 134 с.
6. Качан Ю.Г. Електропостачання та електричні мережі. Навчальний посібник з грифом МОН України/ Ю.Г. Качан, Ф.П. Шкрабець// Запоріж.держ.інж.акад. – Запоріжжя: ЗДА, 2014. – 213 с.