



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет
імені В. Н. Каразіна



Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетиці

Конспект лекцій

для студентів першого курсу магістратури
спеціальності G3 Електрична інженерія



Харків – 2026

УДК 621.7(075.8)

Рецензенти:

Бровко К.Ю. – к.т.н., доцент, доцент кафедри електротехніки та електроенергетики Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна;

Єгоров О. Б. – к.т.н., доцент, доцент кафедра альтернативної електроенергетики та електротехніки ХНУМГ ім. О. Бекетова;

*Затверджено до друку рішенням вченої ради навчально-наукового інституту
«Українська інженерно-педагогічна академія»
Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна
(протокол № 5 від 19. 03. 2026 р.)*

Олійник Ю.С.

Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетиці: конспект лекцій / уклад. Ю.С. Олійник, С.М. Войтенко. – Харків: ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2026. – 174 с.

Конспект лекцій підготовлено відповідно до робочої програми навчальної дисципліни «Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетиці», яка входить до циклу професійної підготовки здобувачів вищої освіти першого курсу магістратури спеціальності G3 «Електрична інженерія» освітньо-професійної програми «Електричні станції, мережі та системи».

Навчальна дисципліна спрямована на формування у здобувачів вищої освіти системного розуміння сучасних тенденцій міжнародного науково-технічного співробітництва в енергетичній сфері, механізмів взаємодії держав, міжнародних організацій, наукових установ і підприємств енергетичного сектору. Особливу увагу приділено вивченню міжнародної енергетичної політики, розвитку спільних наукових досліджень, реалізації міжнародних проєктів, трансферу технологій та впровадженню інновацій у галузі енергетики.

ISBN 978-966-285-347-6

УДК 339.9(477)(075.8)

© Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна, 2026.

© Олійник Ю.С., Войтенко С.М., 2026.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	4
ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	7
СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	10
ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ	11
Тема 1. Світове співробітництво України в енергетичній сфері	17
Тема 2. Приєднання Енергосистеми України до ENTSO-E	32
Тема 3. Атомна енергетика України. Діяльність МАГАТЕ	36
Тема 4. Кліматична нейтральність і міжнародна енергетична політика ЄС.	51
Тема 5. Енергозбереження в рамках міжнародної співпраці	81
Тема 6. Енергетичний перехід	87
Тема 7. Інновації в енергетиці	92
Тема 8. Штучний інтелект і Big Data в міжнародній енергетиці.	100
Тема 9. Воднева енергетика та міжнародне співробітництво	135
РЕКОМЕНДОВНА ЛІТЕРАТУРА	171

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетиці - навчальна дисципліна, спрямована на формування у здобувачів вищої освіти системного розуміння сучасних процесів міжнародної взаємодії у сфері енергетики, основних напрямів енергетичної політики держав та міжнародних організацій, а також сучасних науково-технічних тенденцій розвитку світової енергетики.

Енергетика є однією з ключових сфер функціонування сучасної світової економіки та важливим чинником економічної, технологічної й національної безпеки держав. Надійне забезпечення споживачів енергетичними ресурсами, розвиток електроенергетичних систем, диверсифікація джерел енергії, підвищення енергоефективності та впровадження нових технологій значною мірою визначають темпи соціально-економічного розвитку країн. Водночас сучасні енергетичні проблеми мають транскордонний характер і не можуть ефективно вирішуватися виключно на національному рівні. Це зумовлює необхідність розвитку міжнародної взаємодії у сфері енергетики, науки, техніки та інновацій.

Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетичній сфері охоплює широкий спектр напрямів, серед яких спільні наукові дослідження, обмін технологіями та науково-технічною інформацією, реалізація міжнародних енергетичних проєктів, підготовка фахівців, трансфер інновацій, розвиток технологічних платформ та участь у міжнародних дослідницьких і фінансових програмах. Важливе значення має також співробітництво у сфері стандартизації, енергетичної безпеки, екологічної відповідальності, цифровізації та впровадження сучасних систем управління енергетичними ресурсами.

Актуальність дисципліни зумовлена трансформацією світової енергетичної системи, необхідністю забезпечення енергетичної безпеки, розвитку міжнародних енергетичних зв'язків, декарбонізації економіки, підвищення енергоефективності та впровадження інноваційних технологій. Світова енергетика поступово переходить до більш гнучких, децентралізованих, цифровізованих і низьковуглецевих моделей функціонування. Одночасно зростає роль відновлюваних джерел енергії, систем накопичення енергії, інтелектуальних електричних мереж, водневих технологій, цифрових платформ, штучного інтелекту та технологій обробки великих масивів даних.

Важливим напрямом сучасної міжнародної енергетичної співпраці є забезпечення енергетичної безпеки. Вона передбачає надійність енергопостачання, диверсифікацію джерел та маршрутів постачання енергоресурсів, стійкість енергетичної інфраструктури, розвиток міждержавних енергетичних зв'язків та здатність енергетичних систем функціонувати в умовах зовнішніх і внутрішніх викликів. У зв'язку з цим міжнародне співробітництво набуває не лише економічного та технологічного, але й стратегічного значення.

Особливого значення міжнародне співробітництво набуває для України в умовах інтеграції до європейського енергетичного простору, розвитку відновлюваної енергетики, модернізації енергетичної інфраструктури та поглиблення науково-технічної взаємодії з європейськими та міжнародними партнерами. Інтеграція України до європейських енергетичних структур створює нові можливості для розвитку транскордонних енергетичних зв'язків, підвищення надійності функціонування енергосистеми, обміну технологіями та реалізації спільних енергетичних і науково-технічних проєктів.

Важливим компонентом курсу є розгляд міжнародного досвіду у сфері енергозбереження та підвищення енергоефективності. Раціональне використання енергетичних ресурсів є одним із найбільш доступних напрямів скорочення енергетичних витрат та підвищення стійкості енергетичних систем. Міжнародна співпраця у цій сфері сприяє поширенню сучасних технологій, методів енергетичного менеджменту, систем моніторингу та управління споживанням енергії, а також обміну практичним досвідом реалізації енергоефективних проєктів.

Окреме місце в сучасній енергетиці займає процес енергетичного переходу, який передбачає поступову трансформацію структури виробництва та споживання енергії, збільшення частки низьковуглецевих джерел, розвиток відновлюваної енергетики та підвищення енергоефективності. Енергетичний перехід потребує значних технологічних, фінансових та організаційних ресурсів, тому його реалізація значною мірою залежить від міжнародного співробітництва, обміну науковими знаннями та спільного впровадження інновацій.

Суттєву роль у трансформації енергетичного сектору відіграють науково-технічні інновації. Розвиток цифрових технологій сприяє створенню інтелектуальних енергетичних мереж, автоматизації технологічних процесів, оптимізації виробництва та споживання електричної енергії. Використання технологій штучного інтелекту та Big Data відкриває можливості для прогнозування навантаження і генерації, виявлення аварійних ситуацій, оптимізації режимів роботи енергетичних систем, управління попиту та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів. Саме тому цифровізація та інноваційний розвиток є важливою складовою міжнародної науково-технічної співпраці.

Перспективним напрямом міжнародного співробітництва є також розвиток водневої енергетики. Водень розглядається як один із потенційних енергоносіїв для декарбонізації окремих секторів економіки, зокрема промисловості, транспорту та енергетики. Розвиток водневої інфраструктури передбачає міжнародну координацію, створення відповідних технологічних ланцюгів, стандартизацію, розвиток транспортної інфраструктури та реалізацію спільних науково-технічних проєктів.

Важливим напрямом курсу є вивчення ролі міжнародних організацій та інституцій у формуванні сучасної енергетичної політики. Міжнародні організації сприяють координації дій держав, розробленню рекомендацій і стандартів, реалізації спільних дослідницьких програм, поширенню технологій та залученню інвестицій. Особливе значення для енергетичної сфери мають міжнародні механізми співпраці у галузях електроенергетики, атомної енергетики, енергоефективності, кліматичної політики, відновлюваної енергетики та технологічних інновацій.

В межах вивчення дисципліни значна увага приділяється також ролі України у міжнародному енергетичному співробітництві. Розглядаються процеси інтеграції української енергосистеми до європейського енергетичного простору, співпраця з міжнародними організаціями, участь у спільних науково-технічних програмах, перспективи розвитку відновлюваної та водневої енергетики, модернізації електроенергетичної інфраструктури та впровадження сучасних цифрових технологій.

Таким чином, дисципліна має міждисциплінарний характер та поєднує знання з енергетики, електроенергетики, економіки, міжнародних відносин, екології, інформаційних технологій та інноваційного розвитку. Такий підхід дозволяє розглядати енергетику не лише як технічну галузь, а як комплексну систему,

розвиток якої залежить від взаємодії держав, міжнародних організацій, наукових установ, підприємств та інших учасників міжнародного енергетичного простору.

Опанування дисципліни має сприяти формуванню у здобувачів здатності працювати з міжнародною науково-технічною інформацією, критично аналізувати сучасні енергетичні тенденції, використовувати міжнародний досвід під час вирішення професійних завдань та оцінювати перспективи розвитку енергетики України з урахуванням загальносвітових і європейських тенденцій.

В результаті вивчення курсу здобувач має отримати цілісне уявлення про взаємозв'язок між міжнародною енергетичною політикою, науково-технічним розвитком, енергетичною безпекою, енергоефективністю, декарбонізацією та технологічними інноваціями. Це створює основу для подальшого професійного розвитку та участі у міжнародних проектах, дослідницьких програмах і науково-технічному співробітництві в енергетичній сфері.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетиці» - навчальна дисципліна, яка забезпечує формування у здобувачів системного розуміння сучасних процесів розвитку світової енергетики, міжнародної взаємодії держав та міжнародних організацій у сфері енергетики, а також ролі науково-технічного прогресу у трансформації енергетичних систем.

Дисципліна охоплює питання міжнародної енергетичної політики, енергетичної безпеки, інтеграції енергетичних систем, енергоефективності та енергозбереження, декарбонізації, кліматичної нейтральності, енергетичного переходу, розвитку відновлюваних джерел енергії, атомної та водневої енергетики. Значна увага приділяється сучасним інноваційним і цифровим технологіям, зокрема Smart Grid, штучному інтелекту, Big Data та іншим інструментам цифровізації енергетики.

Особливе місце в дисципліні займає **міжнародне співробітництво України в енергетичній сфері**. Розглядаються процеси інтеграції України до європейського енергетичного простору, приєднання української енергосистеми до ENTSO-E, співпраця з міжнародними енергетичними організаціями, діяльність МАГАТЕ, перспективи розвитку відновлюваної та водневої енергетики, а також можливості участі України у міжнародних науково-технічних програмах та енергетичних проектах.

В процесі вивчення дисципліни здобувачі ознайомлюються з основними механізмами міжнародного науково-технічного співробітництва, принципами реалізації міжнародних енергетичних проектів, сучасними напрямками трансферу технологій та обміну науково-технічними знаннями. Особлива увага приділяється аналізу міжнародного досвіду та можливостям його використання для модернізації енергетичного сектору України.

Дисципліна має **міждисциплінарний характер** і поєднує положення енергетики, електроенергетики, міжнародних відносин, економіки, екології, енергоефективності, цифрових технологій та інноваційного розвитку.

У результаті опанування дисципліни здобувачі набувають знань і практичних навичок, необхідних для аналізу сучасних міжнародних енергетичних процесів, оцінювання технологічних тенденцій, визначення перспектив міжнародного співробітництва та використання світового науково-технічного досвіду у професійній діяльності.

Основні тематичні напрями дисципліни: світове співробітництво України в енергетичній сфері; інтеграція енергосистеми України до ENTSO-E; атомна енергетика та діяльність МАГАТЕ; кліматична нейтральність і енергетична політика ЄС; енергозбереження та енергоефективність; енергетичний перехід; інновації в енергетиці; штучний інтелект і Big Data; воднева енергетика та міжнародне співробітництво.

Основні завдання вивчення дисципліни:

✓ забезпечити комплексну підготовку здобувачів вищої освіти напрямку «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» шляхом засвоєння ними системи основних положень щодо обґрунтування вибору напрямку та методики наукового дослідження з урахуванням сучасних проблем в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;

✓ здійснити пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності, участі у сумісних дослідженнях і розробках з іноземними науковцями та фахівцями в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки;

✓ ознайомитися із загальними принципами міжнародного співробітництва - розуміти основи міжнародних відносин та принципів взаємодії між країнами в галузі енергетики;

✓ аналізувати сучасні проблем та викликів у сфері енергетики, таких як зміни клімату, розвиток відновлювальних джерел енергії, енергоефективність тощо;

✓ розглядання міжнародних стандартів та правового регулювання - ознайомлення із нормативно-правовими аспектами, що регулюють міжнародні відносини у галузі енергетики;

✓ аналізувати сучасні технології та інновації - вивчення передових технологій та інновацій у сфері енергетики, які використовуються на міжнародному рівні;

✓ пошук умов для обміну науковими дослідженнями - залучення здобувачів вищої освіти до розробки та реалізації спільних наукових досліджень з представниками інших країн;

✓ вивчити форми та методи міжнародної співпраці - розгляд різних форм співробітництва, таких як наукові обміни, спільні проекти, технічна допомога та інші;

стимулювати студентську мобільність - підтримка можливостей для студентів брати участь у програмах обміну, стажуваннях та інших ініціативах, спрямованих на розширення їхнього міжнародного досвіду.

Інтегральна компетентність

✓ Здатність розв'язувати комплексні практичні задачі під час провадження професійної діяльності в сфері електричних станцій, електричних мереж та електроенергетичних систем або у процесі навчання, що характеризується невизначеністю умов і вимог.

Загальні компетентності:

ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК3. Здатність до використання інформаційних і комунікаційних технологій.

ЗК5. Здатність використовувати іноземну мову для здійснення науково-технічної діяльності.

ЗК8. Здатність виявляти та оцінювати ризики.

ЗК9. Здатність працювати автономно та в команді.

ЗК10. Здатність виявляти зворотні зв'язки та корегувати свої дії з їх врахуванням.

Фахові компетентності:

ФК13. Здатність планувати, організовувати та проводити наукові електроенергетики, електромеханіки.

ФК19. Здатність розуміти і враховувати соціальні, екологічні, етичні, економічні та комерційні міркування, що впливають на реалізацію технічних рішень в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК23. Здатність демонструвати обізнаність та вміння використовувати нормативно-правові актів, норми, правила й стандарти в електроенергетиці, електротехніці та електромеханіці.

ФК25. Здатність публікувати результати своїх досліджень у наукових фахових виданнях.

Програмні результати навчання:

ПРН9 Здійснювати пошук джерел ресурсної підтримки для додаткового навчання, наукової та інноваційної діяльності.

ПРН10 Презентувати матеріали досліджень на міжнародних наукових конференціях та семінарах, присвячених сучасним проблемам в області електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН12 Планувати та виконувати наукові дослідження та інноваційні проекти в сфері електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН13 Брати участь у сумісних дослідженнях і розробках з іноземними науковцями та фахівцями в галузі електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

ПРН14 Дотримуватися принципів та напрямів стратегії розвитку енергетичної безпеки України.

ПРН16 Дотримуватися принципів та правил академічної доброчесності в освітній та науковій діяльності.

ПРН17 Демонструвати розуміння нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів в області електроенергетики, електромеханіки.

ПРН18 Вільно спілкуватися усно і письмово державною та іноземною мовами з сучасних наукових і технічних проблем електроенергетики, електротехніки та електромеханіки.

СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви розділів і тем	Кількість годин											
	денна форма						заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб.	інд.	с. р.		л	п	лаб.	інд.	с. р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
<i>Розділ 1. Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетичній галузі в Україні</i>												
Тема 1. Світове співробітництво України в енергетичній сфері		4				14						
Тема 2. Приєднання Енергосистеми України до ENTSO-E		4				15						
Тема 3. Атомна енергетика України. Діяльність МАГАТЕ		4				15						
Тема 4. Кліматична нейтральність і міжнародна енергетична політика ЄС.		4				14						
Разом за розділом 1		16				58						
<i>Розділ 2. Енергозберігаючі заходи та енергозбереження в Україні та в світі</i>												
Тема 5. Енергозбереження в рамках міжнародної співпраці		4	8			11						
Тема 6. Енергетичний перехід		4				11						
Тема 7. Інновації в енергетиці		4				12						
Тема 8. Штучний інтелект і Big Data в міжнародній енергетиці.		2	22			12						

Тема 9. Воднева енергетика та міжнародне співробітництво.		4				12						
Разом за розділом 2		18	30			58						
Усього годин		34	30			116						

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Розділ 1. Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетичній галузі в Україні

Тема 1. Світове співробітництво України в енергетичній сфері

Вступ (Значення енергетичної сфери для економіки та безпеки України. Роль міжнародного співробітництва у забезпеченні енергетичної безпеки. Мета та завдання дослідження). **Огляд міжнародної енергетичної політики України** (Основні напрями енергетичної політики України. Стратегічні документи та плани розвитку енергетичного сектору. Місце України в глобальному енергетичному просторі). **Співпраця України з Європейським Союзом** (Угода про асоціацію між Україною та ЄС: енергетичний компонент. Інтеграція України до енергетичного ринку ЄС. Проекти спільного інтересу та їх вплив на енергетичну безпеку України. Європейські програми підтримки енергоефективності та відновлюваної енергетики в Україні). **Роль міжнародних фінансових організацій у розвитку енергетичного сектору України** (Співпраця України з МВФ, Світовим банком, ЄБРР та іншими організаціями. Фінансування проектів модернізації енергетичної інфраструктури. Підтримка проектів з розвитку відновлюваних джерел енергії). **Співпраця України з іншими країнами у сфері енергетики** (Двосторонні угоди та партнерства у сфері енергетики (з США, Канадою, Японією тощо). Роль міжнародних енергетичних компаній в Україні. Взаємодія з країнами-сусідами щодо транзиту та постачання енергоресурсів). **Україна та Енергетичне Співтовариство** (Участь України в Енергетичному Співтоваристві. Виконання зобов'язань за Договором про заснування Енергетичного Співтовариства. Вплив членства в Енергетичному Співтоваристві на енергетичний сектор України).

Тема 2. Приєднання Енергосистеми України до ENTSO-E

Загальна характеристика енергетичної системи України. Значення приєднання до ENTSO-E для України. Мета і завдання дослідження. **Огляд ENTSO-E** (Історія створення та функції ENTSO-E (Європейська мережа системних операторів передачі електроенергії). Структура та організація роботи ENTSO-E. Основні стандарти та технічні вимоги ENTSO-E). **Передумови приєднання України до ENTSO-E** (Політичні та економічні чинники, що спонукали до інтеграції. Огляд енергетичної співпраці України з ЄС. Аналіз стану енергосистеми України перед приєднанням). **Технічні аспекти приєднання** (Основні вимоги ENTSO-E до учасників. Модернізація енергетичної інфраструктури України. Технічні заходи та інвестиційні проекти, реалізовані для підготовки до інтеграції. Процедура синхронізації енергосистеми України з ENTSO-E). **Етапи процесу приєднання України до ENTSO-E** (Переговорний процес і підписання угод. Пілотні проекти та тестування роботи в ізолюваному режимі. Синхронізація та інтеграція енергосистеми України в ENTSO-E). **Переваги та виклики приєднання** (Переваги для України: енергетична безпека, стабільність, доступ до європейського ринку електроенергії. Виклики та проблеми, з якими стикнулася Україна під час процесу приєднання. Вплив на внутрішній ринок електроенергії та конкуренцію). **Енергетична безпека та стратегічні перспективи** (Як приєднання до ENTSO-E впливає на енергетичну незалежність України. Роль інтеграції в контексті зменшення залежності від російських енергоресурсів. Стратегічні перспективи розвитку енергетичного сектору України після інтеграції). **Порівняльний аналіз: Україна та інші країни-**

члени ENTSO-E (Досвід інших країн, які приєдналися до ENTSO-E. Порівняння технічних та економічних показників. Вивчення уроків та кращих практик). **Майбутні виклики та перспективи розвитку** (Подальші кроки для поглиблення інтеграції. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в контексті роботи в ENTSO-E. Можливі інновації та технологічні зміни).

Тема 3. Атомна енергетика України. Діяльність МАГАТЕ

Значення атомної енергетики для України. Загальна характеристика атомної енергетики в світі. **Історія розвитку атомної енергетики в Україні** (Початок будівництва атомних електростанцій (АЕС). Чорнобильська катастрофа та її наслідки. Розвиток атомної енергетики після незалежності України). **Сучасний стан атомної енергетики України** (Кількість та розташування діючих АЕС. Потужності та внесок атомної енергетики в енергосистему України. Технічний стан та модернізація АЕС). **Ризики та виклики атомної енергетики** (Проблеми безпеки. Відпрацьоване ядерне паливо та його зберігання. Міжнародні стандарти та нормативно-правове регулювання). **Діяльність МАГАТЕ в Україні** (Роль Міжнародного агентства з атомної енергії (МАГАТЕ). Співпраця МАГАТЕ та України. Інспекції та моніторинг безпеки АЕС в Україні. Проекти допомоги та підтримки). **Перспективи розвитку атомної енергетики в Україні** (Плани з будівництва нових реакторів. Альтернативні джерела енергії та їхній вплив на майбутнє атомної енергетики. Міжнародне співробітництво та інвестиції).

Тема 4. Кліматична нейтральність і міжнародна енергетична політика ЄС

Поняття кліматичної нейтральності та її значення для розвитку сучасної енергетики. Загальна характеристика кліматичної політики Європейського Союзу. Європейський зелений курс (European Green Deal) (Мета та основні напрями Європейського зеленого курсу. **Досягнення кліматичної нейтральності до 2050 року**. Основні інструменти реалізації кліматичної політики ЄС).

Міжнародна енергетична політика ЄС (Основні принципи енергетичної політики ЄС. Енергетична безпека та диверсифікація джерел енергопостачання. Інтеграція європейських енергетичних ринків і міжнародне співробітництво).

Декарбонізація енергетичного сектору ЄС (Скорочення викидів парникових газів. Розвиток відновлюваних джерел енергії та підвищення енергоефективності. Воднева енергетика, системи накопичення енергії та інноваційні технології).

Міжнародні кліматичні ініціативи та механізми ЄС (Паризька кліматична угода. Пакет законодавчих ініціатив Fit for 55. Система торгівлі квотами на викиди EU ETS та механізм транскордонного вуглецевого коригування CBAM).

Співробітництво України з ЄС у сфері кліматичної та енергетичної політики (Гармонізація українського законодавства з європейськими вимогами. Участь України в Європейському енергетичному співтоваристві. Міжнародні програми, фінансування та технічна підтримка енергетичної трансформації України).

Перспективи досягнення кліматичної нейтральності (Виклики та можливості для країн ЄС і України. Роль міжнародного науково-технічного співробітництва у розвитку «зеленої» енергетики. Інновації та інвестиції у забезпеченні сталого розвитку енергетичного сектору).

Розділ 2. Енергозберігаючі заходи та енергозбереження в Україні та в світі

Тема 5. Енергозбереження в рамках міжнародної співпраці

Актуальність теми енергозбереження в сучасному світі. Роль міжнародної співпраці у вирішенні питань енергозбереження. Мета і завдання дослідження. **Концепція енергозбереження: теоретичні основи** (Визначення та значення енергозбереження. Основні принципи та підходи до енергозбереження. Вплив енергозбереження на економіку та екологію). **Міжнародні угоди та ініціативи у сфері енергозбереження** (Огляд ключових міжнародних угод (Паризька угода, Кіотський протокол) та їх вплив на політику енергозбереження. Ініціативи ЄС, ООН та інших міжнародних організацій щодо енергозбереження. Глобальні цілі сталого розвитку та їх зв'язок з енергозбереженням). **Міжнародна співпраця у сфері енергозбереження** (Форми та механізми міжнародної співпраці: партнерства, програми обміну, спільні проекти. Роль міжнародних організацій (МЕА, ЄБРР, Світовий банк) у просуванні енергозбереження. Внесок міжнародних фінансових інституцій у фінансування проектів з енергозбереження). **Реалізація міжнародних проектів з енергозбереження** (Огляд успішних міжнародних проектів з енергозбереження. Приклади технологічних рішень, впроваджених у рамках міжнародних проектів. Спільні дослідження та інновації в галузі енергозбереження). **Енергозбереження в Україні: міжнародний досвід та співпраця** (Аналіз політики енергозбереження в Україні. Міжнародна допомога та проекти з енергозбереження, реалізовані в Україні. Використання міжнародного досвіду для підвищення енергоефективності в Україні). **Проблеми та виклики міжнародної співпраці в сфері енергозбереження** (Основні перешкоди на шляху ефективної міжнародної співпраці. Вирішення конфліктів інтересів між країнами та регіонами. Політичні, економічні та культурні виклики, що впливають на реалізацію проектів). **Перспективи міжнародної співпраці в галузі енергозбереження** (Розвиток нових форм співпраці та партнерства. Роль новітніх технологій (наприклад, цифровізації) у подальшому зниженні енергоспоживання. Перспективи розширення участі України в міжнародних ініціативах з енергозбереження).

Тема 6. Енергетичний перехід

Визначення поняття "енергетичний перехід". Актуальність енергетичного переходу в сучасному світі. Мета і завдання дослідження. **Історія та етапи енергетичного переходу** (Огляд історичних етапів розвитку енергетики. Від переходу від деревини до вугілля, від вугілля до нафти і газу, до сучасних відновлюваних джерел енергії. Причини і чинники, що сприяли змінам у використанні енергоресурсів). **Основні рушії енергетичного переходу** (Екологічні чинники: боротьба з кліматичними змінами, зменшення викидів парникових газів. Економічні мотиви: зростання цін на традиційні енергоресурси, розвиток технологій. Політичні аспекти: державна політика і міжнародні угоди, що сприяють енергетичному переходу). **Технології та інновації в енергетичному переході** (Відновлювані джерела енергії: сонячна, вітрова, гідроенергетика, біоенергетика. Зберігання енергії: розвиток акумуляторних технологій і систем зберігання. Енергетична ефективність: інновації у зменшенні енергоспоживання та підвищенні енергоефективності). **Роль міжнародної співпраці в енергетичному переході** (Глобальні ініціативи та угоди (Паризька угода, Кіотський протокол). Внесок міжнародних організацій і фінансових установ. Приклади успішної міжнародної

співпраці в реалізації проектів з енергетичного переходу). **Енергетичний перехід у розвинених та країнах, що розвиваються** (Особливості енергетичного переходу в розвинених країнах (ЄС, США, Японія). Виклики і можливості для країн, що розвиваються. Роль міжнародної допомоги і технологічних трансферів). **Виклики і проблеми енергетичного переходу** (Економічні виклики: вартість впровадження нових технологій, фінансування переходу. Соціальні наслідки: зміни на ринку праці, адаптація населення. Політичні та інституційні бар'єри). **Енергетичний перехід і Україна**)Поточний стан енергетичного сектору України. Стратегічні плани і програми щодо енергетичного переходу в Україні. Виклики і перспективи для України в контексті глобального енергетичного переходу). **Перспективи та майбутні тенденції енергетичного переходу** (Прогнози розвитку енергетики на найближчі десятиліття. Інтеграція нових технологій і розширення відновлюваних джерел енергії. Роль штучного інтелекту і цифровізації в управлінні енергетичними системами).

Тема 7. Інновації в енергетиці

Значення інновацій у сучасній енергетиці. Основні виклики та тенденції в енергетичному секторі. Роль інновацій у підвищенні енергетичної ефективності та безпеки. **Типи інновацій в енергетиці** (Технологічні інновації. Організаційні та управлінські інновації. Фінансові та економічні моделі підтримки інновацій). **Відновлювані джерела енергії** (Інновації у виробництві сонячної енергії (сонячні панелі нового покоління). Розвиток вітрової енергетики (офшорні вітропарки, нові матеріали для турбін). Біоенергетика та використання біомаси. Геотермальна енергія та її потенціал). **Зберігання енергії** (Новітні технології акумуляування енергії (літій-іонні, твердотільні батареї, водневі технології). Розвиток гібридних систем зберігання енергії. Використання акумуляторних систем у стабілізації енергетичних мереж). **Смарт-мережі та цифрові технології в енергетиці** (Розвиток смарт-мереж (smart grids) для оптимізації розподілу енергії. Інтернет речей (IoT) та його застосування в енергетичних системах. Роль штучного інтелекту та великих даних (Big Data) у прогнозуванні попиту на енергію). **Інновації в атомній енергетиці** (Розробка малих модульних реакторів (SMRs). Технології ядерного синтезу (термоядерні реактори). Підвищення безпеки та ефективності традиційних ядерних реакторів). **Інновації в транспортуванні та розподілі енергії** (Розвиток нових трубопровідних систем (високоєфективні та екологічні трубопроводи). Інновації у морських та повітряних енергетичних системах (повітряні електролінії, офшорні енергетичні платформи). Розвиток транснаціональних енергетичних коридорів). **Енергетична ефективність та енергозбереження** (Інноваційні технології в будівництві та житлово-комунальному господарстві. Роль енергоефективних технологій у промисловості та транспорті. Енергоаудит та розумне споживання енергії). **Екологічні аспекти інновацій в енергетиці** (Зменшення викидів парникових газів та впливу на довкілля. Технології для очистки та переробки відходів енергетичного виробництва. Розробка та впровадження екологічно чистих виробничих процесів). **Міжнародна співпраця у сфері інновацій в енергетиці** (Глобальні ініціативи та угоди щодо розвитку інноваційних технологій. Роль міжнародних організацій у стимулюванні інновацій. Партнерство між державним та приватним секторами для просування інновацій). **Майбутні перспективи інновацій в енергетиці** (Потенційні проривні технології та їхній вплив на майбутнє енергетики. Вплив інновацій на глобальні енергетичні ринки. Прогнози щодо

розвитку інноваційних рішень у короткостроковій та довгостроковій перспективі). Роль технологій та інновацій у забезпеченні енергетичної безпеки. Сучасні тенденції розвитку енергетичних технологій. Енергетичний перехід. Використання ВДЕ в рамках міжнародного співробітництва. Роль технологій та інновацій у забезпеченні енергетичної безпеки.

Тема 8. Штучний інтелект і Big Data в міжнародній енергетиці

Поняття штучного інтелекту та Big Data в енергетичній галузі. Загальна характеристика цифрової трансформації світової енергетики. Основи застосування штучного інтелекту в енергетиці (Поняття та види технологій штучного інтелекту. **Машинне навчання, нейронні мережі та інтелектуальна аналітика даних. Роль ШІ в управлінні сучасними енергетичними системами.**

Big Data в міжнародній енергетиці (Джерела великих даних в енергетичному секторі. Методи збору, зберігання та обробки енергетичних даних. Аналітика Big Data для прогнозування споживання та генерації електроенергії).

Практичне застосування ШІ та Big Data в енергетичних системах (Прогнозування навантажень і виробітку електроенергії. Оптимізація режимів роботи електричних мереж. Інтелектуальні електромережі (Smart Grid), цифрові підстанції та системи керування енергоспоживанням).

Міжнародний досвід використання цифрових технологій в енергетиці (Приклади впровадження ШІ та Big Data в країнах ЄС, США та Азії. Міжнародні науково-технічні проєкти у сфері цифрової енергетики. Використання цифрових платформ і хмарних технологій в енергетичному секторі).

Ризики та виклики впровадження ШІ в енергетиці (Кібербезпека енергетичної інфраструктури. Захист і конфіденційність енергетичних даних. Етичні та правові аспекти використання штучного інтелекту).

Перспективи розвитку штучного інтелекту та Big Data в Україні та світі (Інноваційні напрями розвитку цифрової енергетики. Роль міжнародного науково-технічного співробітництва у впровадженні ШІ та Big Data. Перспективи використання цифрових технологій для підвищення енергоефективності та сталого розвитку енергетики).

Тема 9. Воднева енергетика та міжнародне співробітництво

Поняття водневої енергетики та її значення для глобального енергетичного переходу. Загальна характеристика водню як енергоносія. **Основи водневої енергетики (Властивості водню та його роль у сучасній енергетиці. Основні способи виробництва водню: «зелений», «блакитний», «сірий» та інші види водню. Технології зберігання, транспортування та використання водню).**

Міжнародна політика розвитку водневої енергетики (Водневі стратегії Європейського Союзу, США, Японії та інших країн. **Міжнародні програми та ініціативи з розвитку водневої економіки. Роль міжнародних організацій у розвитку водневої енергетики).**

Технології використання водню в енергетичному секторі (Водень у виробництві електроенергії та тепла. Паливні елементи та водневий транспорт. Використання водню для накопичення енергії та балансування енергосистем).

Міжнародне науково-технічне співробітництво у сфері водневої енергетики (Спільні дослідницькі проєкти та інноваційні програми. Інвестиції

та фінансування водневих технологій. Трансфер технологій і міжнародне партнерство у сфері водневої енергетики).

Розвиток водневої енергетики в Україні (Воднева стратегія України та перспективи її реалізації. **Потенціал виробництва «зеленого» водню з відновлюваних джерел енергії. Співпраця України з ЄС у розвитку водневих проєктів та енергетичної інфраструктури**).

Перспективи та виклики розвитку водневої енергетики (Економічні, технологічні та екологічні аспекти впровадження водневих технологій. Проблеми розвитку інфраструктури та нормативно-правового забезпечення. Роль водневої енергетики у забезпеченні кліматичної нейтральності та енергетичної безпеки).

Теми семінарських (практичних, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок втрат електроенергії до проведення енергозберігаючих заходів та після в рамках міжнародного українсько-німецького проєкту	4
2	Підготовка та опублікування тез доповідей на міжнародній конференції	6
	Разом	10

Тема 1. Світове співробітництво України в енергетичній сфері

ЛЕКЦІЯ 1

1. Поняття міжнародного співробітництва в енергетичній сфері

Сутність міжнародного співробітництва

Міжнародне співробітництво в енергетиці - це система політичних, економічних, науково-технічних, інвестиційних та технологічних відносин між державами, міжнародними організаціями, енергетичними компаніями, науковими установами та університетами, спрямована на забезпечення сталого розвитку енергетики, енергетичної безпеки та впровадження інновацій.

Основними цілями такого співробітництва є:

- забезпечення енергетичної безпеки;
- розвиток міжнародних енергетичних ринків;
- інтеграція електроенергетичних систем;
- розвиток відновлюваної енергетики;
- підвищення енергоефективності;
- декарбонізація економіки;
- розвиток наукових досліджень і трансферу технологій.

Для України міжнародне співробітництво стало одним із ключових факторів розвитку енергетики після підписання Угоди про асоціацію з ЄС та особливо після початку повномасштабної війни.

Основні завдання України:

- інтеграція до єдиного європейського енергетичного ринку;
- модернізація енергетичної інфраструктури;
- розвиток розподіленої генерації;
- впровадження сучасних цифрових технологій;
- залучення міжнародних інвестицій.

2. Правові засади міжнародної співпраці України в енергетиці

Міжнародне співробітництво України базується на міжнародних договорах, законодавстві Європейського Союзу та національному законодавстві України.

Основні міжнародні документи

Документ	Значення для України
Угода про асоціацію між Україною та ЄС (2017)	Гармонізація енергетичного законодавства України із законодавством ЄС.
Договір про заснування Енергетичного Співтовариства	Створення спільного регіонального енергетичного ринку.
Паризька кліматична угода	Зобов'язання щодо скорочення викидів парникових газів.
Європейський зелений курс (European Green Deal)	Стратегія переходу до кліматично нейтральної економіки.
REPowerEU	Програма розвитку енергетичної незалежності Європи та підтримки України.

Основні принципи співробітництва

- відкритість енергетичних ринків;
- конкурентність;
- прозорість;
- безпечність постачання;

- сталий розвиток;
- цифровізація енергетики.

3. Співробітництво України з Європейським Союзом Україна – стратегічний партнер ЄС



<https://www.nato.int/docu/review/uk/articles/2016/07/07/energetichna-bezpeka-shcho-na-konu/index.html>

Європейський Союз є головним міжнародним партнером України в енергетичній сфері. Співпраця охоплює електроенергетику, газовий сектор, відновлювану енергетику, енергоефективність, атомну енергетику та післявоєнне відновлення енергетичної інфраструктури. Відносини базуються на Угоді про асоціацію та Меморандумі про стратегічне енергетичне партнерство між Україною та ЄС.

Основні напрями співробітництва

Напрямок	Зміст співпраці
Електроенергетика	Інтеграція ринку електроенергії України до ЄС.
Газовий сектор	Інтеграція газового ринку, диверсифікація поставок.
ВДЕ	Розвиток сонячної, вітрової, біоенергетики та водню.
Енергоефективність	Термомодернізація будівель, Smart Metering.
Кліматична політика	Виконання Національного енергетичного та кліматичного плану.

Фінансова підтримка ЄС

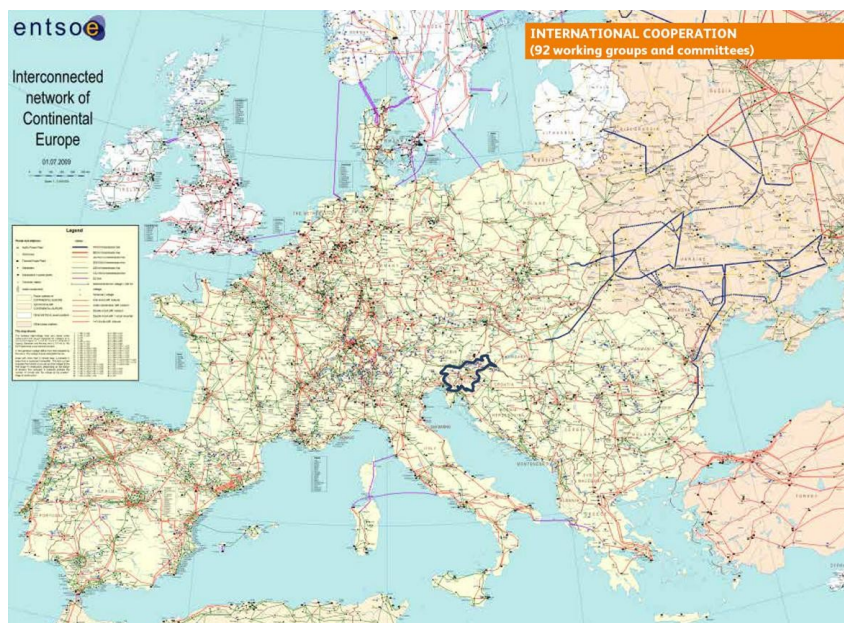
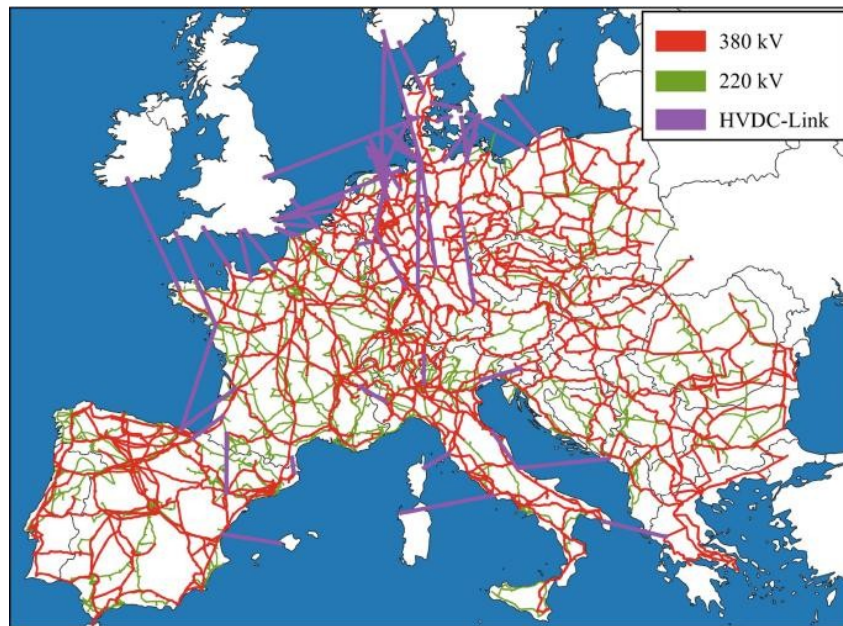
Європейський Союз фінансує:

- реконструкцію електромереж;
- закупівлю трансформаторів;
- аварійне обладнання;
- генератори;
- системи накопичення енергії;
- розвиток децентралізованої генерації.

У 2025 році Європейська Комісія представила спеціальний пакет інтеграції та енергетичної безпеки України, який передбачає подальше поєднання українського енергетичного ринку з ринком ЄС до 2027 року.

4. Інтеграція України до ENTSO-E

Що таке ENTSO-E?



ENTSO-E - Європейська мережа операторів систем передачі електроенергії. Організація координує роботу операторів систем передачі понад 35 країн Європи.

[Synchronization with #ENTSO-E: necessary steps to integrate the Ukrainian market - YouTube](#)

Основні функції ENTSO-E

- координація режимів роботи енергосистем;
- забезпечення синхронної роботи мереж;
- розвиток міждержавних інтерконекторів;
- прогнозування розвитку електромереж;
- забезпечення надійності електропостачання.

Історія інтеграції України

Ключові етапи

2017 - Початок технічної співпраці. Україна та НЕК «Укренерго» розпочали підготовку до синхронізації.

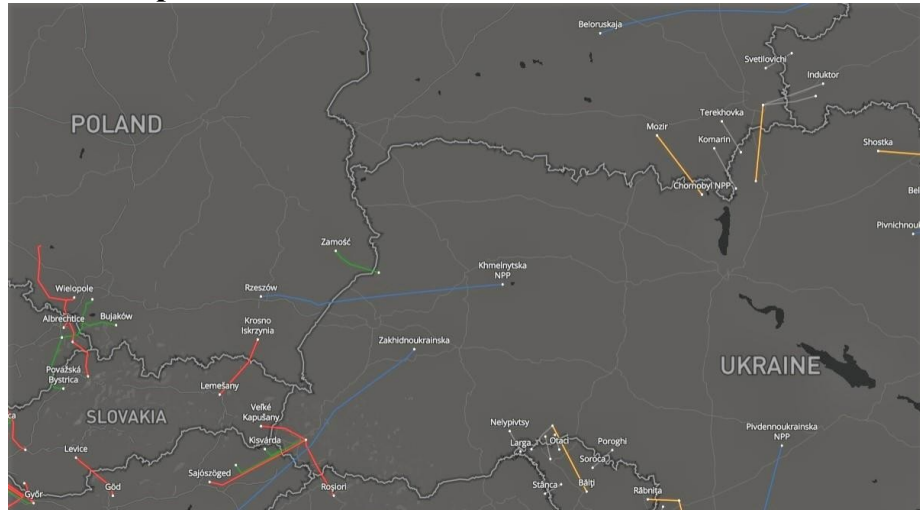
16 березня 2022 - Аварійна синхронізація. Українська та молдовська енергосистеми були синхронізовані з континентальною Європою.

листопад 2023 - Постійна синхронізація

Україна перейшла до постійного режиму роботи в ENTSO-E.

2024 - Повноправне членство НЕК «Укренерго». «Укренерго» стало членом ENTSO-E з 1 січня 2024 року.

Значення інтеграції



- інтеграція ринку електроенергії;
- інтеграція газового ринку;
- розвиток конкуренції;
- розвиток ВДЕ;
- енергоефективність;
- кібербезпека енергетики.

Зобов'язання України

Україна імплементує європейське законодавство щодо:

- електроенергії;
- природного газу;
- енергоефективності;
- кліматичної політики;
- ринку водню;
- захисту критичної інфраструктури.

Ukraine Energy Support Fund



Після 2022 року Енергетичне Співтовариство створило Ukraine Energy Support Fund.

Фонд фінансує:

- трансформатори;
- генератори;
- кабелі;
- обладнання підстанцій;
- газові турбіни;
- ремонт електромереж.

До середини 2026 року міжнародні донори задекларували понад 2 млрд євро на підтримку українського енергетичного сектору.

6. Співпраця України з міжнародними енергетичними організаціями

Міжнародне енергетичне агентство (ІЕА)

[Grid Map](#)

Україна стала асоційованим членом ІЕА у 2022 році.

Напрями співпраці

- прогнозування розвитку енергетики;
- статистика енергетики;
- енергоефективність;
- Smart Grid;
- розвиток водневої енергетики;
- моделювання енергетичних систем.

Спільні проєкти

ІЕА допомагає Україні:

- реалізувати Енергетичну стратегію до 2050 року;
- створити ринок біометану;
- впровадити системи накопичення енергії;
- цифровізувати енергетичний сектор.

МАГАТЕ (ІАЕА)



МАГАТЕ співпрацює з Україною у сфері:

- ядерної безпеки;
- поводження з відпрацьованим паливом;
- фізичного захисту АЕС;
- модернізації атомної енергетики.

Особливого значення співпраця набула щодо безпеки Запорізької АЕС.

Світовий банк та ЄБРР

Фінансуються:

- модернізація підстанцій;
- реконструкція електромереж;
- розвиток Smart Grid;
- цифрові лічильники;
- розвиток сонячної та вітрової генерації.

7. Міжнародні науково-технічні програми в енергетиці Horizon Europe



Найбільша програма ЄС з фінансування науки.

Напрями

- Smart Grid;
- накопичення енергії;
- AI в енергетиці;
- водень;
- цифрові підстанції;
- кліматична нейтральність.

Участь українських університетів

Українські університети можуть бути партнерами консорціумів.

Для студентів магістратури

Можливості стажування, міжнародних досліджень, мобільності, фінансування лабораторій.

Erasmus+ підтримує академічну мобільність, подвійні дипломи, викладацькі стажування, спільні магістерські програми.

8. Співробітництво України у сфері відновлюваної енергетики

Основні напрями

Україна співпрацює з країнами ЄС щодо розвитку:

- сонячної енергетики;
- вітрової енергетики;
- біоенергетики;
- біометану;
- геотермальної енергетики.

Воднева енергетика

**Mature European Hydrogen
Backbone can be created by
2040**



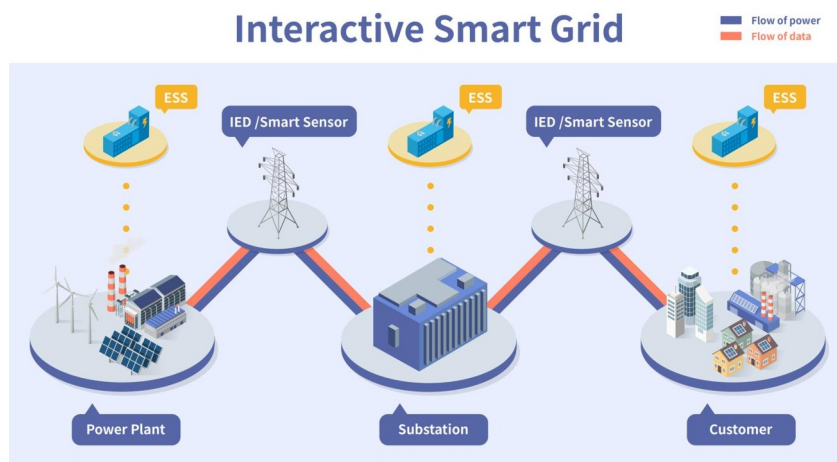
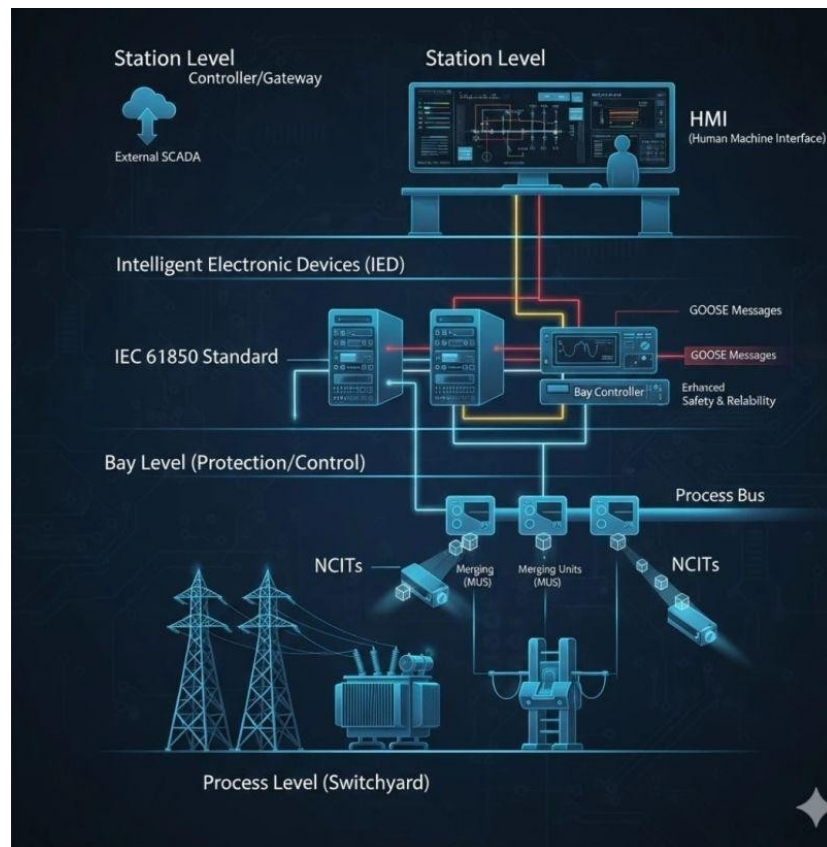
Україна розглядається як майбутній виробник зеленого водню для Європи.

Основні проєкти

- Hydrogen Backbone Europe;
- виробництво біометану;
- водневі коридори Польща–Україна–Словаччина.

ЄС та Україна підписали окремий меморандум щодо розвитку відновлюваних газів, біометану та водню.

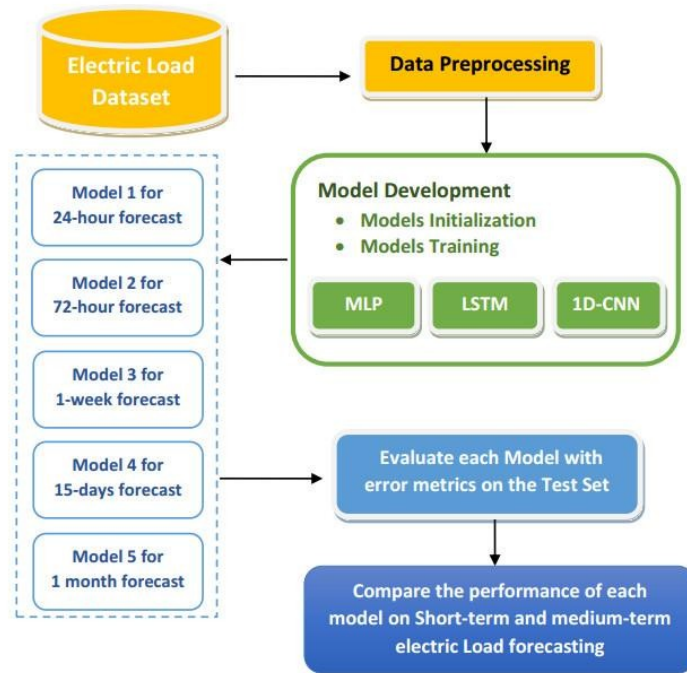
9. Цифровізація енергетики як напрям міжнародної співпраці Smart Grid



Основні технології

Технологія	Призначення
IEC 61850	Цифрові підстанції.
SCADA	Диспетчерське керування.
PMU	Моніторинг синхронних режимів.
AMI	Інтелектуальний облік електроенергії.
Digital Twin	Цифрові моделі електромереж.

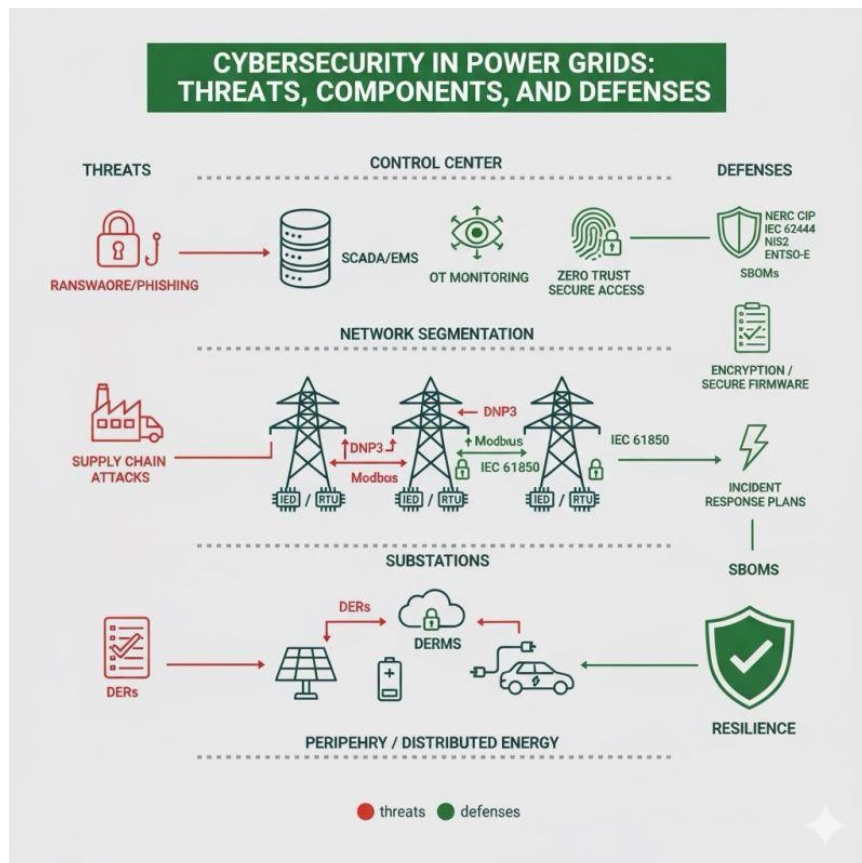
AI та Big Data



Міжнародні проєкти використовують AI для:

- прогнозування навантаження;
- оптимізації втрат;
- діагностики обладнання;
- управління накопичувачами енергії.

10. Міжнародне співробітництво у сфері кібербезпеки енергетики



Цифровізація мереж створює нові кіберризики.

Основні напрями міжнародної співпраці

- стандарти IEC 62443;
- директива NIS2;
- кіберстійкість операторів систем передачі;
- міжнародні навчання CERT.

Україна співпрацює з ЄС, НАТО, ENTSO-E, Energy Community.

11. Міжнародна підтримка України під час війни

Основні напрями допомоги





Після 2022 року міжнародне співробітництво набуло безпрецедентного масштабу.

Основні види підтримки

Напрямок допомоги	Приклади
Обладнання	Трансформатори, вимикачі, кабелі, генератори.
Фінансування	ЄС, ЄБРР, Світовий банк, USAID.
Гуманітарна підтримка	Генератори для лікарень та критичної інфраструктури.
Відновлення мереж	Підстанції, ЛЕП, теплоелектростанції.

Європейський Союз координує міжнародну допомогу через механізм Energy Ramstein та інші інструменти підтримки енергетичної інфраструктури України.

Децентралізована енергетика





Підтримуються:

- сонячні електростанції на лікарнях;
- когенераційні установки;
- акумуляторні системи;
- мікромережі (Microgrids).

Це підвищує енергетичну стійкість громад.

12. Перспективні напрями міжнародного співробітництва України

Напрямок	Очікуваний результат
Повна інтеграція ринку електроенергії ЄС	Єдиний енергетичний простір Україна–ЄС.
Розвиток накопичувачів енергії	Гнучкість енергосистеми.
Воднева економіка	Експорт зеленого водню.
Smart Grid	Цифрові мережі нового покоління.
Післявоєнна відбудова	Сучасна низьковуглецева енергетика.

Очікувані результати міжнародної інтеграції

- підвищення надійності електропостачання;
- збільшення інвестицій;
- розвиток міжнародних досліджень;
- впровадження європейських стандартів;
- підвищення конкурентоспроможності української енергетики.

Основні міжнародні організації та програми співробітництва України

Організація / програма	Роль у співпраці з Україною
Європейський Союз (EU)	Інтеграція енергетичного ринку, фінансування реформ, підтримка відновлення енергетики.
ENTSO-E	Синхронізація української енергосистеми, координація роботи операторів систем передачі.
Energy Community	Гармонізація законодавства, Ukraine Energy Support Fund, інтеграція до енергоринку ЄС.
IEA	Аналітика, прогнозування, енергоефективність, воднева

	енергетика, Smart Grid.
МАГАТЕ (ІАЕА)	Ядерна безпека та модернізація атомної енергетики.
ЄБРР, Світовий банк	Інвестиції в реконструкцію мереж, цифровізацію та відновлювану енергетику.
Horizon Europe	Міжнародні науково-дослідні проекти та інновації.
Erasmus+	Академічна мобільність студентів і викладачів, спільні освітні програми.

Висновки

Світове співробітництво України в енергетичній сфері є стратегічним напрямом розвитку держави та одним із ключових чинників модернізації національної енергетики. Інтеграція до європейського енергетичного простору забезпечує Україні доступ до сучасних технологій, міжнародних інвестицій, наукових досліджень і спільних енергетичних ринків. Важливими досягненнями стали членство України в Енергетичному Співтоваристві, синхронізація Об'єднаної енергосистеми України з ENTSO-E, співпраця з Міжнародним енергетичним агентством та участь у програмах Європейського Союзу з розвитку відновлюваної енергетики, цифровізації та енергоефективності.

В умовах війни міжнародне співробітництво стало основою підтримки стійкості української енергосистеми. Через механізми ЄС, Energy Community, міжнародних фінансових організацій та донорських програм Україна отримує обладнання, фінансування й технологічну підтримку для відновлення пошкодженої інфраструктури та побудови сучасної децентралізованої енергетики. Подальший розвиток співпраці передбачає повну інтеграцію до внутрішнього енергетичного ринку ЄС, розвиток Smart Grid, систем накопичення енергії, водневої економіки та міжнародних науково-технічних проектів, що відповідає цілям Європейського зеленого курсу та Енергетичної стратегії України до 2050 року.

Тема 2. Приєднання Енергосистеми України до ENTSO-E

ENTSO-E (англ. European Network of Transmission System Operators for Electricity) - європейська мережа операторів системи передачі електроенергії, що об'єднує 43 оператори у 39 країнах європейського континенту. Організація створена у липні 2009 року шляхом первинного об'єднання операторів ATSOI, BALTSO, ETSO, NORDEL, UCTE і UKTSOA. Станом на 2021 рік у своїй структурі має п'ять керуючих галузевих груп, які координують забезпечення безпечної та оптимальної роботи мережі Європи в реальному часі, підтримує та розробляє комунікаційну інфраструктуру, забезпечує координацію захисту критичної інфраструктури, розробляє правила координації, веде класифікацію та оцінку ризиків, займається плануванням та стратегіями розвитку.

Учасники

Австрія, Austrian Power Grid AG, Verbund, Vorarlberger Übertragungsnetz GmbH
Албанія, OST sh. - Albanian Transmission System Operator
Боснія і Герцеговина, Nezavisni operator sustava u Bosni i Hercegovini
Бельгія, Elia System Operator SA
Болгарія, Electroenergien Sistemen Operator EAD
Велика Британія, National Grid Electricity Transmission plc, System Operator for Northern Ireland Ltd, Scottish Hydro Electric Transmission plc]], Scottish Power Transmission plc
Греція, Independent Power Transmission Operator S.A.
Данія, Energinet
Естонія, Elering AS
Ірландія, EirGrid plc
Ісландія, Landsnet hf
Іспанія, Red Eléctrica de España S.A.
Італія, Terna — Rete Elettrica Nazionale SpA
Кіпр, Cyprus Transmission System Operator
Косово, KOSTT
Латвія, AS Augstsprieguma tīkls
Литва, Litgrid AB
Люксембург, Creos Luxembourg S.A.
Молдова, Moldelectrica
Нідерланди, TenneT TSO B.V.
Німеччина, TransnetBW GmbH, TenneT TSO GmbH, Amprion GmbH, 50Hertz Transmission GmbH
Норвегія, Statnett SF
Північна Македонія, Transmission System Operator of the Republic of North Macedonia
Польща, Polskie Sieci Elektroenergetyczne S.A.
Португалія, Rede Eléctrica Nacional, S.A.
Румунія, C.N. Transelectrica S.A.
Сербія, Akcionarsko društvo Elektromreža Srbije
Словаччина, Slovenská elektrizačná prenosová sústava, a.s.
Словенія, ELES, d.o.o.
Туреччина, TEİAŞ (спостерігач)
Угорщина, MAVIR Magyar Villamosenergia-ipari Átviteli Rendszerirányító Zártkörűen Működő Részvénytársaság

Україна, Укренерго
Фінляндія, Fingrid Oyj
Франція, Réseau de Transport d'Electricité
Хорватія, HOPS d.o.o.
Чехія, ČEPS a.s.
Чорногорія, Crnogorski elektroprenosni sistem AD
Швеція, Svenska Kraftnät
Швейцарія, Swissgrid ag

ENTSO-E, Європейська мережа операторів систем передачі електроенергії, є об'єднанням для співпраці операторів європейської системи передачі (ОЄСП). 39 членів ОЄСП, що представляють 35 країн, відповідають за безпечну і злагоджену роботу енергосистеми Європи - найбільшої взаємопов'язаної електричної мережі у світі. Окрім своєї основної, історичної ролі в технічному співробітництві, ENTSO-E також є поширеним голосом ОЄСП.

ENTSO-E об'єднує унікальний досвід ОЄСП на благо європейських громадян, зберігаючи освітлення, уможливорює енергетичний перехід, а також сприяє завершенню та оптимальному функціонуванню внутрішнього ринку електроенергії, в тому числі завдяки виконанню мандатів, наданих ENTSO-E на основі законодавства ЄС.

Мета ENTSO-E та його членів, як Європейської спільноти ОЄСП, виконання **спільної мети**: Забезпечення безпеки взаємопов'язаних енергосистем у всіх часових рамках на загальноєвропейському рівні і оптимального функціонування і розвитку в Європейських взаємопов'язаних ринках електроенергії, одночасно забезпечуючи можливість інтеграції електроенергії, що виробляється з ВДЕ та нові технології.

ENTSO-E відіграє центральну роль в тому, щоб Європа стала першим нейтральним до 2050 року клімат-континент шляхом створення системи, яка є безпечною, сталою і доступною, і яка інтегрує очікувану кількість відновлюваної енергії, тим самим пропонуючи істотний внесок в Європейську зелену угоду. Це зусилля вимагає інтеграції сектора і тісної співпраці між усіма суб'єктами.

Від початку своєї розбудови енергосистема України технологічно пов'язана та функціонує паралельно з енергосистемами росії, білорусі та Молдови, маючи в основному залежність від росії у випадку надзвичайних ситуацій.

З початком російсько-української війни та окупації Криму з'явився суспільний запит на блокаду економічних стосунків з окупантом та політична воля для подальших інтеграційних процесів з Євросоюзом, серед них - інтеграція енергосистеми України з європейською системою.

Починаючи з 2003 року Бурштинський енергоострів працює синхронно з європейською мережею, що дозволило мати валютні прибутки та продавати електроенергію у декілька сусідніх країн. Проте, повна синхронізація енергосистеми України з європейською енергетичною мережею ENTSO-E передбачає відокремлення її від енергосистем росії та білорусі, виведення її в автономну роботу та приєднання до енергосистеми Європи.

У 2017 році було підписано меморандум, що передбачає синхронізацію ОЕС України з ENTSO-E у 2023 році та визначено пріоритет інтеграції ОЕС України до загальноєвропейської енергосистеми ENTSO-E як одну з ключових стратегічних цілей НЕК «Укренерго». До синхронізаційних процесів також підключено Молдову, оскільки Молдова, будучи значною мірою пов'язаною з енергосистемою України,

подібний крок самостійно зробити не зможе, не зустрівши при цьому значних фінансових втрат.

Основними інтеграційними етапами передбачається переоснащення мережі (130 млн євро), налагодження диспетчеризації (92 млн євро), удосконалення резерву генерації та її автоматичного контролю (130 млн євро) Загальна вартість інтеграції української енергосистеми до Європи була оцінена у 352 млн євро, з яких доля Укренерго мала становити 222 млн євро.

Енергетична система майбутнього базуватиметься на **трьох ключових** елементах, необхідних для стійкої, життєздатної та доступної енергосистеми:

- **Карбон нейтральні джерела енергії**, що забезпечує основну частину генерації електроенергії, яка в більшій частині буде погодно-залежною.

- **Ресурси гнучкості системи**, ефективно доповнюють мінливість генерації та споживання, а також вирішувати питання збільшення загальної складності системи.

- **Енергосистема**, поєднує споживачів і ресурси гнучкості по всій Європі, і дозволяє повністю інтегрований європейський енергетичний ринок.

Це бачення структуроване навколо чотирьох основних 'будівельних блоків', які є ключовими компонентами, необхідними для побудови енергетична система, що підходить для нейтральної до вуглецю Європи:

- ✓ Гнучкість енергетичної системи – сприяння розвитку ресурсів, що забезпечують адекватну гнучкість для забезпечення підвищеної складності системи та збалансованості того, що стане погодно-залежною системою;

- ✓ Експлуатація майбутніх мереж – підготовка та організація роботи вугленейтральної енергосистеми, яка буде дуже відрізнятися від існуючої;

- ✓ Енергетична інфраструктура та інвестиції – прискорення розвитку та фінансування майбутньої системи;

- ✓ Market Design – визначення принципів і можливих рішень для нового дизайну ринку, що відповідає вуглецево-нейтральній економіці.

Приєднання України до європейської енергетичної системи (ЄЕС) є одним із пріоритетних напрямків у розвитку енергетики України. Це дозволить Україні зміцнити свою енергетичну безпеку, збільшити експорт електроенергії та газу, а також отримати доступ до європейських ринків енергоресурсів.

Процес приєднання України до ЄЕС розпочався ще 2005 року, коли було підписано Угоду про створення спільної енергетичної системи між Україною та Європейським Союзом. У рамках цієї угоди було визначено кілька етапів приєднання, які включають поліпшення інфраструктури та спільне використання ресурсів.

Одним із важливих кроків на шляху приєднання України до ЄЕС стало створення Асоціації операторів систем передачі електроенергії (АОСПЕ), яка об'єднує операторів систем передачі електроенергії з України, ЄС та інших країн. Це дозволяє створити єдину систему управління енергетичними потоками та забезпечити безпеку та надійність енергосистеми.

Також важливим кроком стало укладання угод про асоціацію України з ЄС у галузі енергетики та газового сектору. Ці угоди передбачають зближення українських стандартів із європейськими, спільне використання інфраструктури та обмін технологіями.

Однак приєднання України до ЄЕС також має свої виклики та проблеми. Зокрема це пов'язано з необхідністю модернізації застарілої інфраструктури та створенням умов для інвестицій в енергетичний сектор. Крім того, є проблеми з контролем за транзитом російського газу через Україну та ситуацією на сході країни, що може призвести до порушення постачання енергоресурсів.

ENTSO-E означає Європейську мережу операторів систем передачі електроенергії. Ця організація представляє операторів передавальних систем системи передачі електроенергії по всій Європі. Організація була створена у 2008 році і має штаб-квартиру у Брюсселі, Бельгія.

Основна роль ENTSO-E полягає у забезпеченні безпечної, надійної та ефективної роботи загальноєвропейської системи передачі електроенергії. ENTSO-E координує експлуатацію, технічне обслуговування та розвиток системи передачі електроенергії по всій Європі, а його члени співпрацюють в управлінні транскордонними потоками електроенергії та забезпеченні балансу попиту та пропозиції.

ENTSO-E також відіграє ключову роль у розробці та здійсненні європейської енергетичної політики та правил, таких як внутрішній енергетичний ринок Європейського Союзу та інтеграція відновлюваних джерел енергії в електроенергетичну мережу.

Крім того, ENTSO-E тісно співпрацює з іншими європейськими енергетичними організаціями, включаючи Європейську комісію, Європейську мережу операторів газотранспортних систем (ЕМОГТК) та Агентство Європейського союзу із співробітництва органів регулювання у галузі енергетики (АСЕР).

Україна почала процес приєднання до ENTSO-E (Європейської мережі операторів передачі електроенергії) у 2018 році. Приєднання до ENTSO-E є важливим кроком для України, оскільки це дозволить їй інтегруватися в єдиний європейський електропостачальний ринок та забезпечить більшу стабільність та безпеку енергопостачання.

Україна вже має досить розвинуту мережу енергопередавання, але приєднання до ENTSO-E дозволить їй збільшити свої можливості в області експорту та імпорту електроенергії з та до країн Європейського Союзу, а також збільшить можливості для інвестицій та модернізації енергетичної інфраструктури.

Процес приєднання до ENTSO-E вимагає від України виконання ряду вимог та стандартів, які встановлені організацією. Наприклад, Україна повинна реформувати свій енергетичний ринок, відповідати європейським стандартам з енергоефективності, впроваджувати системи моніторингу енергопередавання та забезпечувати безпеку енергопостачання.

Тема 3. Атомна енергетика України. Діяльність МАГАТЕ

Ядерна енергетика є стратегічною складовою паливно-енергетичного комплексу України та одним із ключових секторів, що забезпечує виробництво електричної енергії для потреб населення, промисловості та критичної інфраструктури. Використання енергії атомного ядра дає можливість виробляти великі обсяги електроенергії з мінімальними прямими викидами парникових газів, що робить атомну енергетику важливим елементом низьковуглецевого розвитку та досягнення кліматичної нейтральності.

Протягом багатьох років атомні електростанції залишаються основою електроенергетичного балансу України. Незважаючи на суттєві зміни в енергетичній системі країни, пов'язані з військовою агресією Росії та окупацією частини енергетичної інфраструктури, саме атомна генерація продовжує забезпечувати найбільшу частку виробництва електроенергії. У різні роки частка атомної генерації коливалася від 45 до понад 55 % загального виробництва електроенергії, а в періоди максимального зимового навантаження внесок АЕС перевищував 50 % електроенергетичного балансу країни.

Роль атомної енергетики в енергетичній системі України

Україна належить до держав із найбільш розвинутою атомною енергетикою в Європі. За кількістю діючих енергоблоків вона входить до першої десятки країн світу та займає одне з провідних місць серед європейських держав за встановленою потужністю атомних електростанцій.

На території України функціонують чотири атомні електростанції, на яких до початку широкомасштабної війни експлуатувалося 15 енергоблоків із реакторами типу ВВЕР загальною встановленою потужністю близько 13,8 ГВт.

Основні атомні електростанції України

Атомна електростанція	Кількість енергоблоків	Особливості
Запорізька АЕС	6	Найбільша атомна електростанція Європи із встановленою потужністю 6000 МВт; з березня 2022 року перебуває під російською окупацією.
Рівненська АЕС	4	Експлуатує реактори ВВЕР-440 та ВВЕР-1000; одна з перших перейшла на американське паливо Westinghouse.
Хмельницька АЕС	2	Має перспективи розширення шляхом добудови нових енергоблоків.
Південноукраїнська АЕС	3	Є складовою Південноукраїнського енергетичного комплексу разом із гідроелектростанціями.

Чорнобильська атомна електростанція після аварії 1986 року була повністю зупинена 15 грудня 2000 року та перебуває у стадії зняття з експлуатації.



Сучасне значення атомної генерації

Після початку повномасштабної війни атомна енергетика стала головною опорою енергетичної стійкості України. Через пошкодження теплової генерації, гідроенергетичних об'єктів і мереж атомні електростанції забезпечують базове навантаження енергосистеми.

Основні функції атомної генерації сьогодні:

- ✓ забезпечення стабільного виробництва електроенергії незалежно від погодних умов;
- ✓ підтримання роботи критичної інфраструктури;
- ✓ зменшення використання викопного палива;
- ✓ забезпечення енергетичної незалежності держави;
- ✓ інтеграція української енергосистеми до європейської мережі ENTSO-E.

В сучасних умовах розвиток атомної енергетики розглядається як один із пріоритетних напрямів відновлення та модернізації енергетичного сектору України.

НАЕК «Енергоатом» – оператор атомної енергетики України





В 1996 році було створено державне підприємство Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом», на яке покладено функції експлуатації всіх діючих атомних електростанцій України.

Основними завданнями компанії є:

- ✓ безпечна експлуатація ядерних енергоблоків;
- ✓ виробництво електричної енергії;
- ✓ модернізація обладнання АЕС;
- ✓ забезпечення ядерної та радіаційної безпеки;
- ✓ поводження з відпрацьованим ядерним паливом;
- ✓ міжнародне співробітництво у сфері атомної енергетики.

В 2023 році підприємство було реорганізовано в Акціонерне товариство «НАЕК «Енергоатом», єдиним акціонером якого є держава. Така трансформація стала частиною реформи корпоративного управління та гармонізації діяльності компанії з європейськими стандартами.

Сьогодні «Енергоатом» залишається найбільшим виробником електроенергії в Україні та одним із найбільших операторів атомних електростанцій у Європі.

Запорізька АЕС як виклик міжнародній ядерній безпеці



Запорізька атомна електростанція є найбільшою АЕС Європи та однією з найбільших у світі. До 2022 року вона виробляла значну частину електроенергії України.

Після окупації станції Російською Федерацією виникли безпрецедентні ризики:

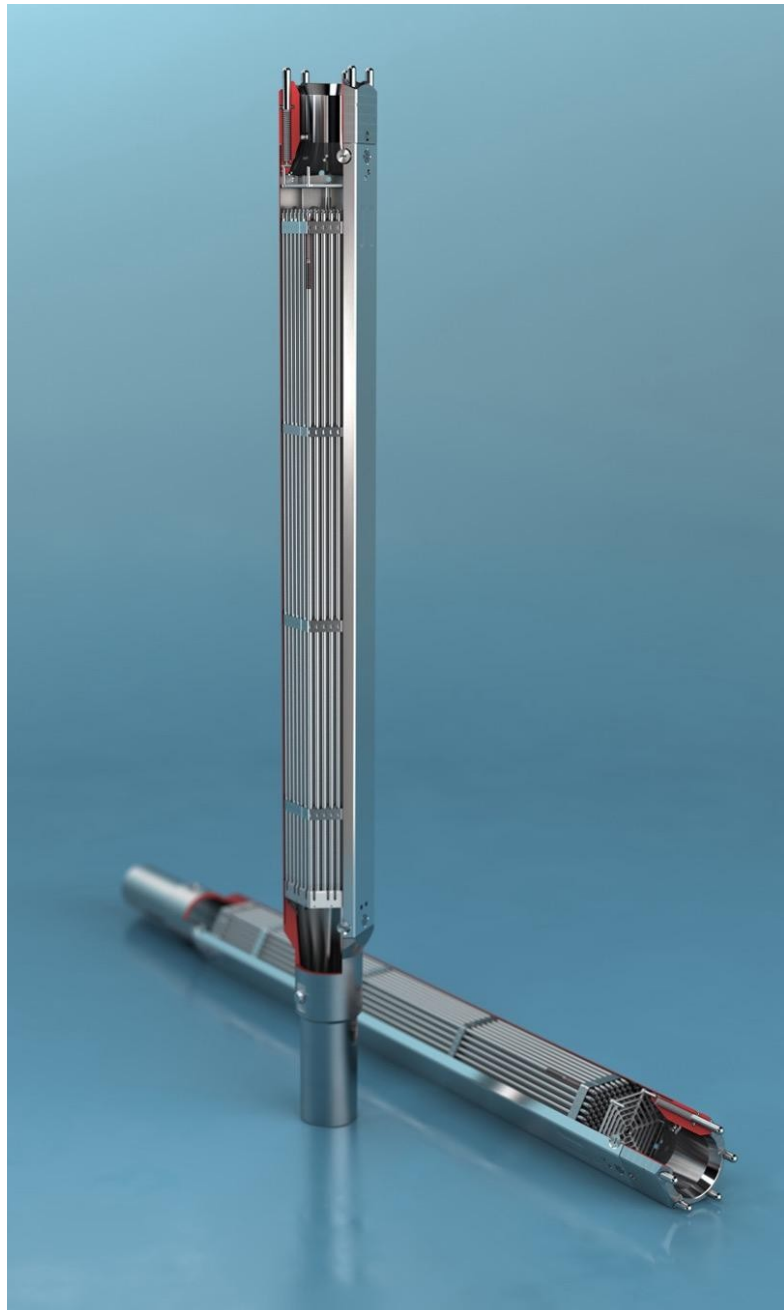
- порушення принципів ядерної безпеки;
- пошкодження енергетичної інфраструктури;
- загроза зовнішньому електропостачанню станції;
- ризики для систем охолодження реакторів;
- міжнародні загрози радіаційній безпеці.

Міжнародне агентство з атомної енергії (МАГАТЕ) постійно здійснює моніторинг ситуації на станції та підтримує присутність своїх експертів для контролю дотримання основних принципів ядерної безпеки.

Ядерне паливо та диверсифікація постачання

Одним із найважливіших напрямів розвитку української атомної енергетики стала диверсифікація постачання ядерного палива.







До 2022 року більшість українських реакторів використовували паливо російського виробництва. Поступова диверсифікація розпочалася ще наприкінці 1990-х років у співпраці з американською компанією Westinghouse Electric Company.

Основні етапи переходу:

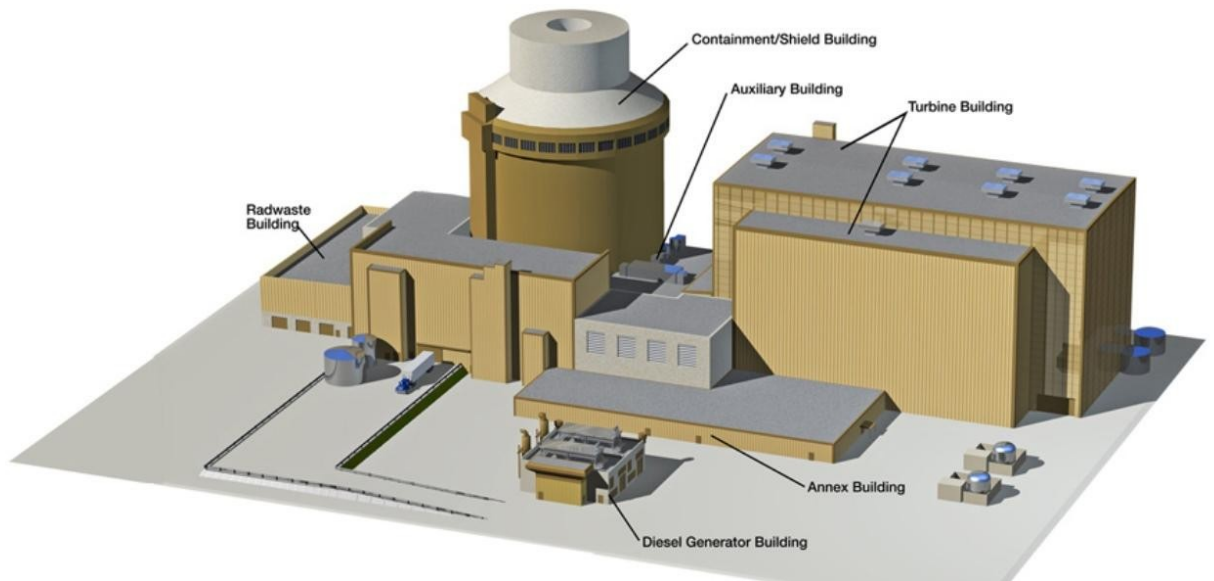
Період	Ключові зміни
2005–2015 рр.	Перші випробування палива Westinghouse на українських АЕС.
2018 р.	Постачання тисячної паливної збірки Westinghouse до Південноукраїнської АЕС.
2022–2024 рр.	Повна відмова України від закупівлі російського ядерного палива для діючих реакторів.
Сучасний етап	Усі діючі реактори ВВЕР поступово переводяться на паливо Westinghouse.

Диверсифікація постачання ядерного палива стала важливою складовою енергетичної безпеки України та зменшення залежності від російських постачальників.

Міжнародне співробітництво України з Westinghouse

Співпраця між «Енергоатомом» і Westinghouse значно розширилася після 2022 року.

The Westinghouse AP1000 Plant



Основні напрями співробітництва включають:

- ✓ постачання ядерного палива для реакторів ВВЕР-1000 та ВВЕР-440;
- ✓ локалізацію виробництва окремих компонентів паливних збірок в Україні;
- ✓ будівництво нових енергоблоків за технологією AP1000;
- ✓ підготовку українських фахівців;
- ✓ спільні науково-технічні дослідження.

Співробітництво з Westinghouse стало одним із найбільших міжнародних енергетичних проєктів України у сфері атомної енергетики.

Уранова сировинна база України

Україна належить до країн Європи, що мають значні запаси уранових руд.



Основні родовища розташовані у Кіровоградській області:

- Ватутінське;
- Центральне;
- Мічурінське;
- Новокосянтинівське.

Українські родовища забезпечують частину потреб атомної енергетики у природному урані. Проте країна ще не має повного циклу виробництва ядерного палива.

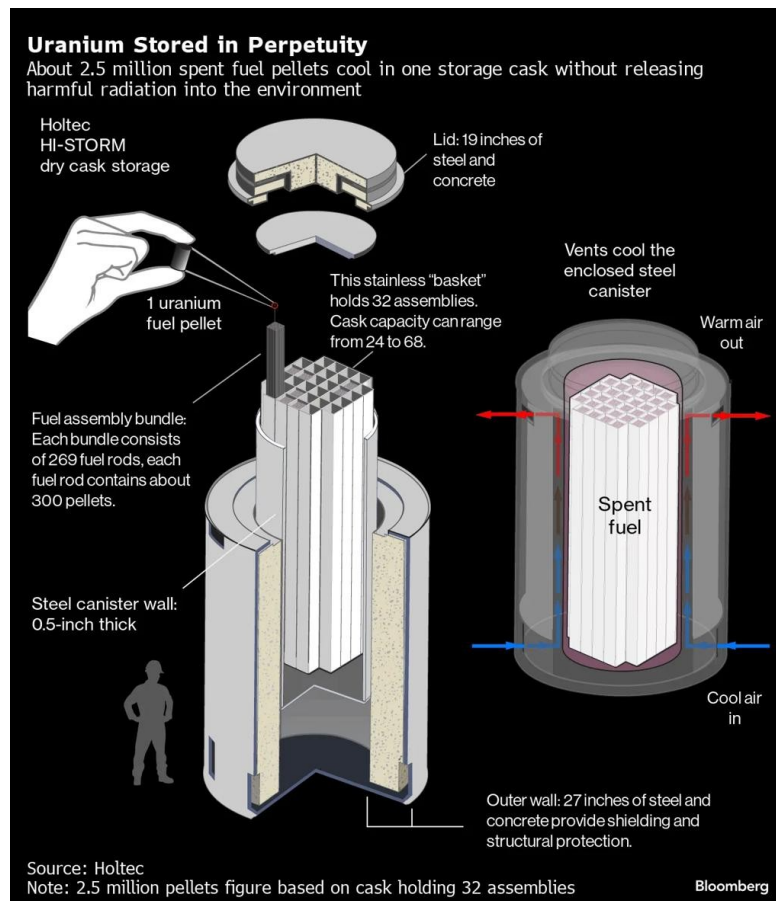
Особливості уранової сировинної бази

Переваги	Проблемні питання
Значні запаси природного урану.	Відносно низький вміст урану в рудах.
Наявність діючих підприємств із видобутку.	Висока собівартість видобутку.
Перспективні нові родовища.	Потреба у модернізації виробництва.

Розвиток власної уранової промисловості є одним із напрямів забезпечення енергетичної незалежності України.

Централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива





Важливим етапом розвитку атомної енергетики стало створення Централізованого сховища відпрацьованого ядерного палива (ЦСВЯП).

Його основні переваги:

- зберігання відпрацьованого палива в Україні;
- скорочення витрат на вивезення палива за кордон;
- підвищення енергетичної незалежності;
- використання сучасних технологій компанії Holtec International.

Введення ЦСВЯП в експлуатацію стало одним із найбільших міжнародних проєктів України у сфері ядерної інфраструктури.

Міжнародне співробітництво України у сфері атомної енергетики

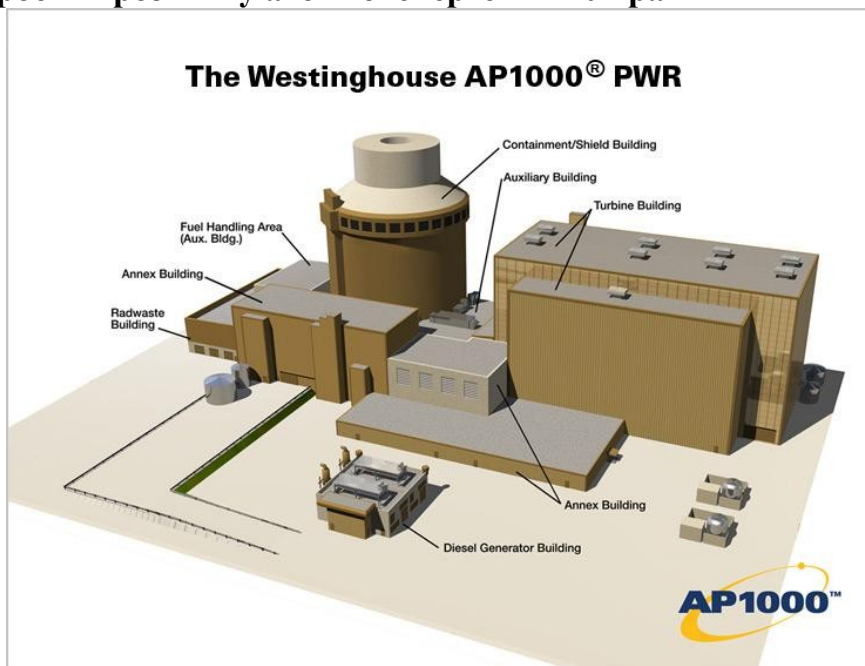
Україна активно співпрацює з міжнародними організаціями та державами у сфері ядерної безпеки та розвитку атомної енергетики.

Основні міжнародні партнери

Партнер	Напрями співробітництва
МАГАТЕ (IAEA)	Ядерна безпека, моніторинг АЕС, експертна підтримка.
Європейський Союз	Модернізація енергетичної інфраструктури, фінансування програм безпеки.
Westinghouse (США)	Ядерне паливо, нові реактори AP1000, локалізація виробництва.
Holtec International (США)	Сховище відпрацьованого ядерного палива.
ЄБРР та Євратом	Фінансування програм модернізації українських АЕС.

Таке співробітництво спрямоване на підвищення рівня ядерної безпеки, модернізацію обладнання та інтеграцію української атомної енергетики до європейського енергетичного простору.

Нові проєкти розвитку атомної енергетики України



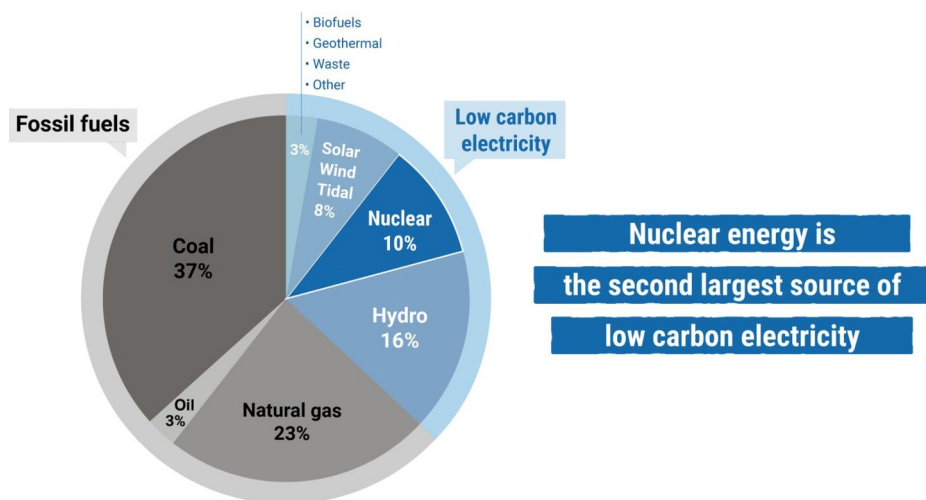
Одним із пріоритетів державної енергетичної політики є розвиток нових атомних потужностей.

Основні напрями розвитку

- ✓ добудова нових енергоблоків Хмельницької АЕС;
- ✓ будівництво реакторів AP1000;
- ✓ розвиток технологій малих модульних реакторів (SMR);
- ✓ модернізація існуючих реакторів ВВЕР;
- ✓ продовження термінів експлуатації діючих енергоблоків після модернізації.

Розвиток малих модульних реакторів розглядається як перспективний напрям для забезпечення децентралізованої генерації та підвищення стійкості енергосистеми.

Ядерна енергетика та кліматична нейтральність



Атомна енергетика займає важливе місце у реалізації політики декарбонізації. Її переваги в контексті кліматичної нейтральності:

- ✓ низькі прямі викиди CO₂;
- ✓ стабільне виробництво електроенергії незалежно від погодних умов;
- ✓ підтримка інтеграції відновлюваних джерел енергії;
- ✓ забезпечення базового навантаження енергосистеми.

Саме тому в Європейському Союзі атомна енергетика розглядається як одна з технологій переходу до низьковуглецевої економіки поряд із відновлюваними джерелами енергії.

Основні виклики розвитку атомної енергетики України

Попри стратегічне значення галузі, її розвиток супроводжується низкою викликів.

Група викликів	Основний зміст
Безпекові	Військові ризики та окупація Запорізької АЕС.
Технологічні	Необхідність модернізації обладнання та розвитку нових реакторів.
Паливні	Завершення диверсифікації постачання ядерного палива.
Інвестиційні	Залучення міжнародного фінансування для будівництва нових потужностей.
Екологічні	Безпечне поводження з відпрацьованим паливом і радіоактивними відходами.

Подолання цих викликів потребує активної міжнародної співпраці, сучасних технологій та дотримання міжнародних стандартів ядерної безпеки.

Висновки

Ядерна енергетика залишається ключовою складовою енергетичної системи України та одним із головних чинників забезпечення її енергетичної безпеки. У сучасних умовах атомні електростанції виробляють найбільшу частку

електроенергії в країні, забезпечуючи стабільне базове навантаження енергосистеми та сприяючи скороченню використання викопного палива.

Важливим напрямом розвитку галузі є міжнародне науково-технічне співробітництво, що охоплює диверсифікацію постачання ядерного палива, модернізацію існуючих енергоблоків, будівництво нових реакторів за сучасними технологіями, розвиток інфраструктури поводження з відпрацьованим паливом і впровадження міжнародних стандартів ядерної безпеки.

Для України інтеграція до європейського енергетичного простору, співпраця з МАГАТЕ, Європейським Союзом, Westinghouse, Holtec International та іншими міжнародними партнерами створює передумови для підвищення енергетичної незалежності, розвитку низьковуглецевої генерації та формування сучасної конкурентоспроможної атомної енергетики, що відповідає європейським вимогам безпеки та сталого розвитку.

Тема 4. Кліматична нейтральність і міжнародна енергетична політика ЄС

На початку XXI століття зміна клімату стала одним із ключових глобальних викликів людства. Зростання концентрації парникових газів в атмосфері, підвищення середньорічної температури, збільшення кількості екстремальних погодних явищ та деградація природних екосистем змушують країни світу переглядати моделі економічного розвитку. Особливу роль у цьому процесі відіграє енергетичний сектор, який є одним із найбільших джерел викидів парникових газів.

Європейський Союз став світовим лідером у формуванні довгострокової кліматичної політики. Його стратегія передбачає не лише скорочення викидів, а й повну трансформацію енергетики, промисловості, транспорту, будівель та інших секторів економіки. Центральним поняттям цієї політики є кліматична нейтральність - досягнення балансу між викидами парникових газів та їх поглинанням до 2050 року. Ця мета закріплена в Європейському кліматичному законі та реалізується через комплекс законодавчих, економічних і технологічних інструментів.

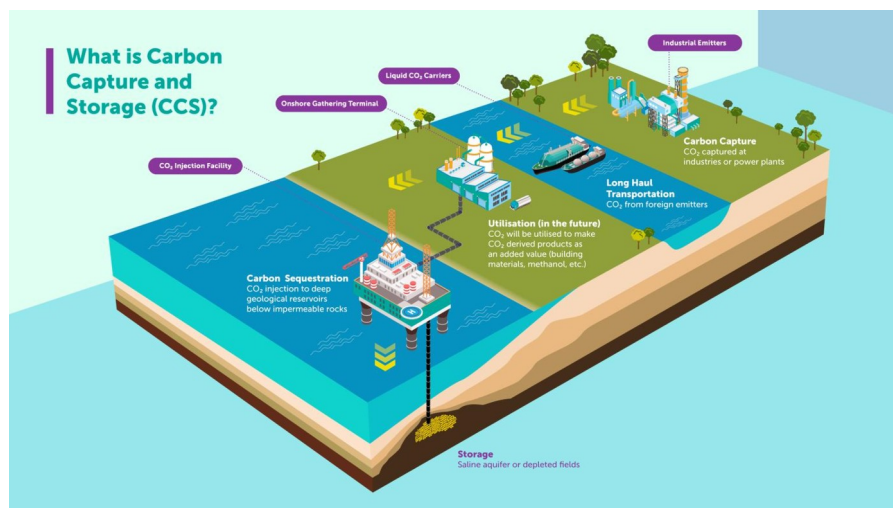
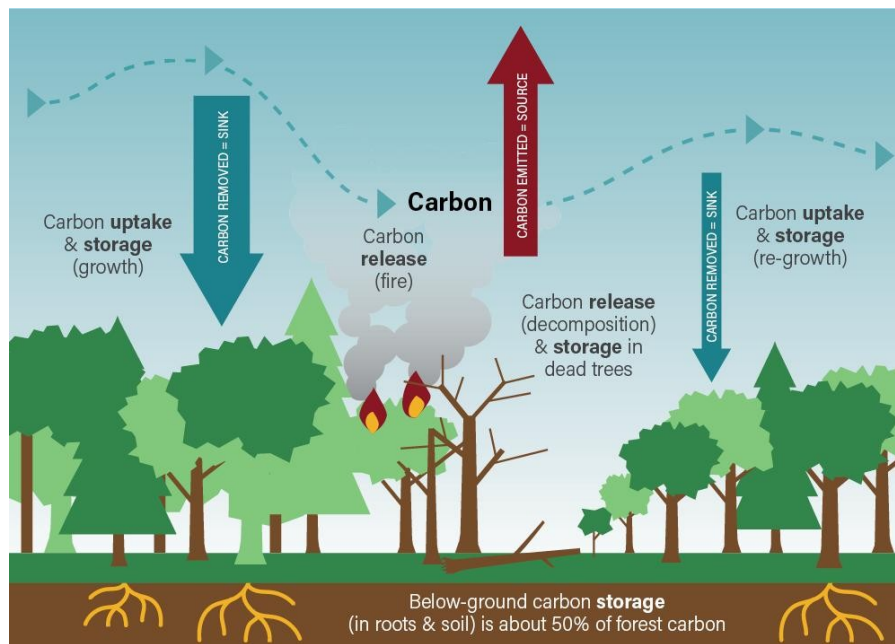
Для України тема є особливо актуальною у зв'язку з інтеграцією до європейського енергетичного простору, модернізацією енергетичної інфраструктури, розвитком відновлюваної енергетики та участю у міжнародних науково-технічних проєктах.

1. Поняття кліматичної нейтральності

1.1. Сутність поняття

Кліматична нейтральність - це стан, за якого сумарні антропогенні викиди парникових газів компенсуються їх поглинанням природними або технологічними засобами. Іншими словами, кількість викидів, що потрапляє в атмосферу, дорівнює кількості газів, які вилучаються або поглинаються.





Математично принцип кліматичної нейтральності можна подати у вигляді:

$$\text{Викиди} - \text{Поглинання} = 0$$

До основних парникових газів належать:

Парниковий газ	Основне джерело
Вуглекислий газ (CO ₂)	Енергетика, транспорт, промисловість.
Метан (CH ₄)	Газова галузь, сільське господарство, відходи.
Закис азоту (N ₂ O)	Сільське господарство, промисловість.
Фторовані гази	Холодильне обладнання, промисловість.

Найбільшу частку становить саме CO₂, тому декарбонізація енергетики є основним напрямом кліматичної політики.

Основні принципи кліматичної нейтральності

- ✓ максимальне скорочення викидів;
- ✓ підвищення енергоефективності;
- ✓ заміщення викопного палива відновлюваними джерелами енергії;
- ✓ електрифікація промисловості та транспорту;
- ✓ розвиток природних і технологічних механізмів поглинання CO₂.

Важливість кліматичної нейтральності для енергетики

Енергетичний сектор забезпечує функціонування практично всіх сфер економіки. Водночас виробництво електричної та теплової енергії традиційно базувалося на використанні викопного палива.



Основними причинами необхідності трансформації енергетики є:

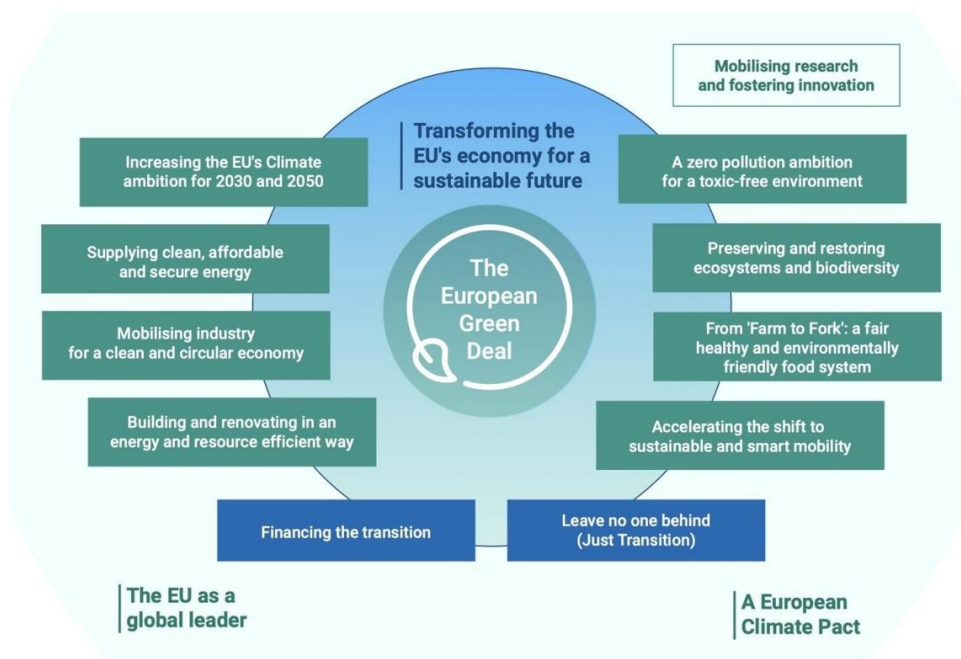
- скорочення залежності від викопного палива;
- зменшення викидів CO₂;
- підвищення енергетичної безпеки;
- розвиток нових технологій генерації;
- цифровізація енергетичних систем.

Кліматична нейтральність означає не відмову від електроенергії, а перехід до більш чистих способів її виробництва та використання.

2. Європейський зелений курс (European Green Deal)

2.1. Загальна характеристика

Strategies under the European Green Deal





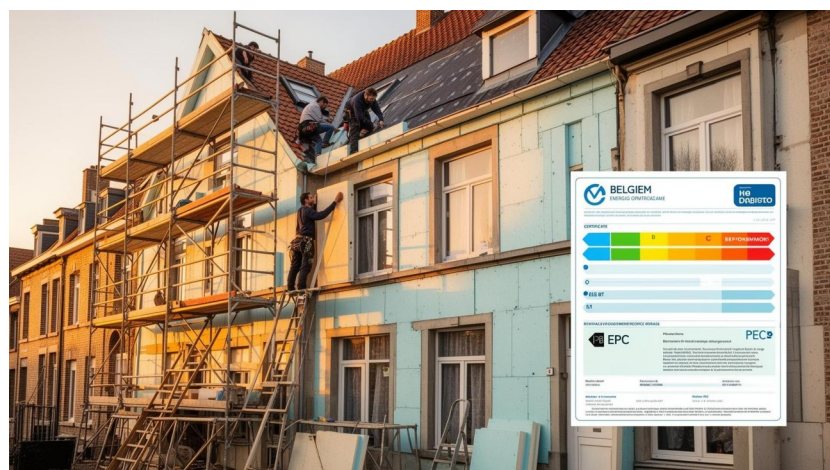
Європейський зелений курс - це стратегія розвитку Європейського Союзу, спрямована на побудову кліматично нейтральної, конкурентоспроможної та ресурсоефективної економіки. Стратегія була представлена Європейською Комісією у 2019 році і стала фундаментом сучасної кліматичної політики ЄС.

Основні напрями Green Deal:

Напрямок	Зміст
Декарбонізація економіки	Скорочення викидів парникових газів.
Енергоефективність	Зменшення споживання енергії.
Відновлювана енергетика	Розвиток сонячної, вітрової, гідро- та біоенергетики.
Чиста мобільність	Електротранспорт, альтернативні види палива.
Циркулярна економіка	Раціональне використання ресурсів.
Інновації	Фінансування наукових досліджень та нових технологій.

2.2. Основні цілі Green Deal

Стратегія поєднує кліматичні, економічні та соціальні цілі.



Передбачено:

- досягнення кліматичної нейтральності;
- підвищення конкурентоспроможності економіки;
- створення нових робочих місць;
- розвиток інновацій;
- справедливий перехід регіонів, залежних від викопного палива.

Особливістю Green Deal є інтеграція кліматичної політики практично в усі сфери державної політики ЄС.

3. Європейський кліматичний закон

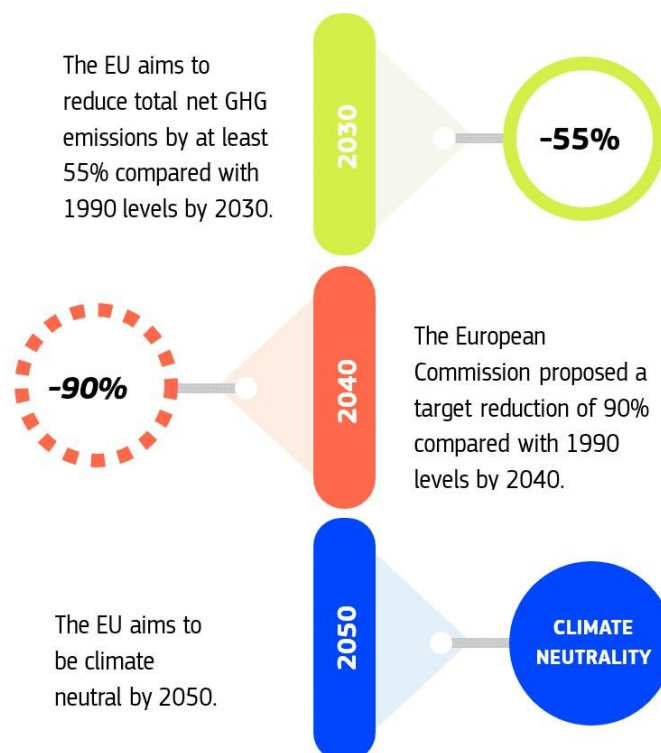
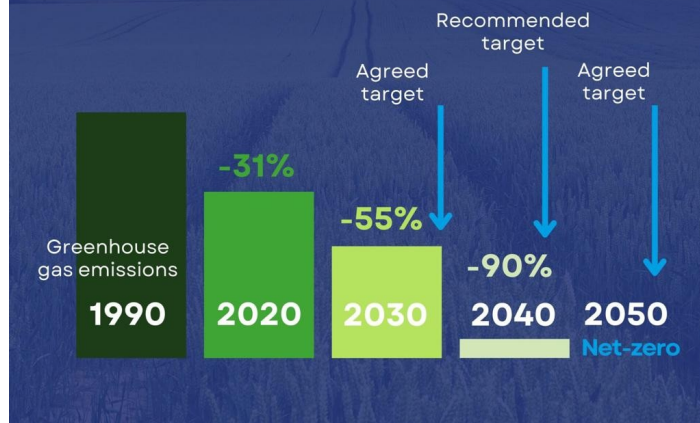
3.1. Законодавче закріплення кліматичної політики

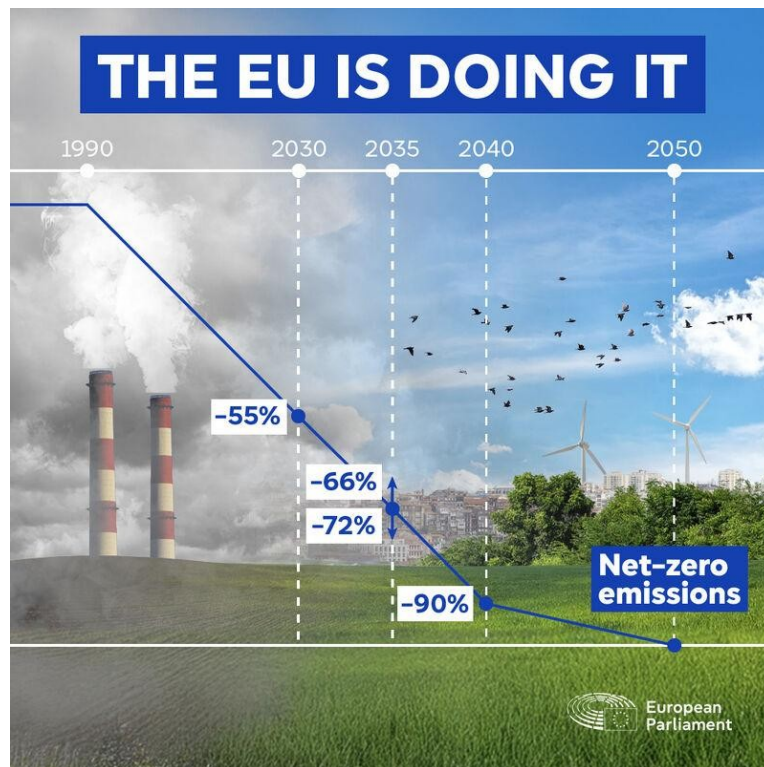
Європейський кліматичний закон зробив кліматичну нейтральність юридично обов'язковою ціллю для держав-членів ЄС.

Основні часові орієнтири

A path to climate neutrality

As a global leader in climate action, the EU has committed to climate neutrality by 2050.





Рік	Ціль ЄС
2030	Скорочення чистих викидів щонайменше на 55% відносно 1990 року.
2040	Скорочення чистих викидів на 90%.
2050	Досягнення кліматичної нейтральності.

3.2. Нова кліматична ціль до 2040 року

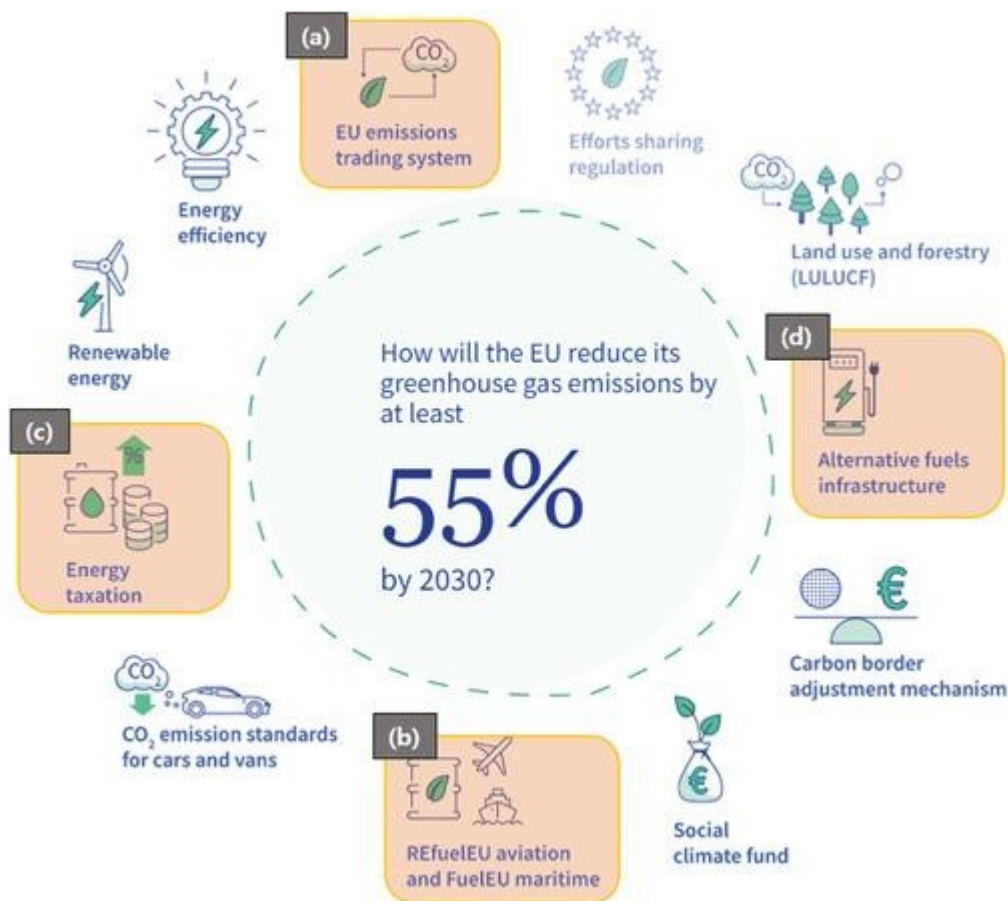
У 2026 році ЄС затвердив проміжну ціль скорочення чистих викидів на 90% до 2040 року порівняно з рівнем 1990 року. Це дозволяє забезпечити поступовий перехід до кліматичної нейтральності до 2050 року.

Особливості нової цілі:

- ✓ основне скорочення здійснюється всередині ЄС;
- ✓ дозволено використання міжнародних вуглецевих кредитів у чітко визначених межах;
- ✓ посилюється роль інноваційних технологій і систем поглинання CO₂.

4. Пакет Fit for 55

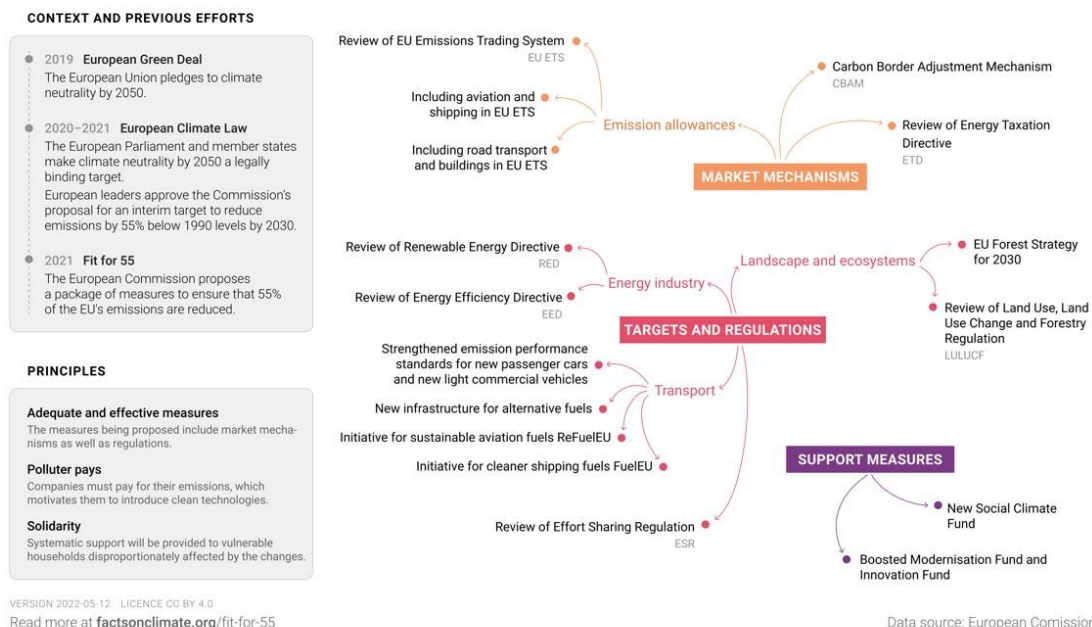
4.1. Загальна характеристика



WHAT IS FIT FOR 55



A package of proposals for reducing 55% of the EU's emissions by 2030 and for ensuring a just transition in the EU on the economic, social and industrial level.



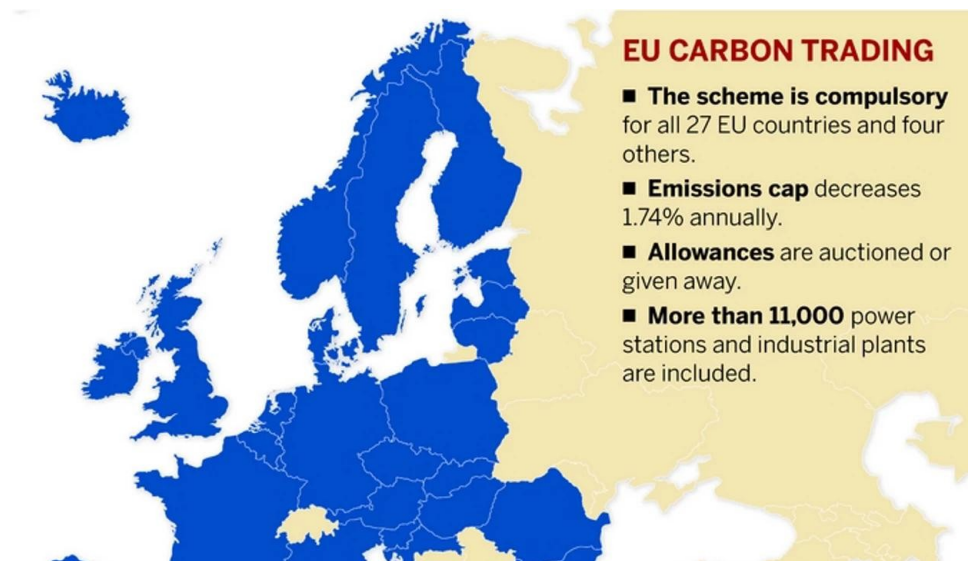
Fit for 55 - це пакет законодавчих ініціатив ЄС, необхідних для реалізації кліматичної цілі 2030 року. Він охоплює практично всі сектори економіки.

Основні складові пакета

Сфера	Основні заходи
-------	----------------

EU ETS	Реформування системи торгівлі квотами на викиди.
Відновлювана енергетика	Підвищення частки ВДЕ.
Енергоефективність	Зменшення кінцевого споживання енергії.
Будівлі	Підвищення енергоефективності житлових і громадських будівель.
Транспорт	Розвиток електромобільності та альтернативних палив.
Промисловість	Зменшення вуглецевої інтенсивності виробництва.

4.2. EU ETS — система торгівлі викидами



EU ETS є найбільшою у світі системою торгівлі квотами на викиди.

Принцип роботи:

1. встановлюється загальна межа викидів;
2. підприємства отримують або купують квоти;
3. невикористані квоти можна продавати;
4. поступове скорочення кількості квот стимулює модернізацію виробництва.

Система охоплює енергетику, промисловість, авіацію та поступово розширюється на інші сектори.

4.3. Механізм СВМ

Carbon Border Adjustment Mechanism

Production in EU



The CBAM applies to products in these sectors:

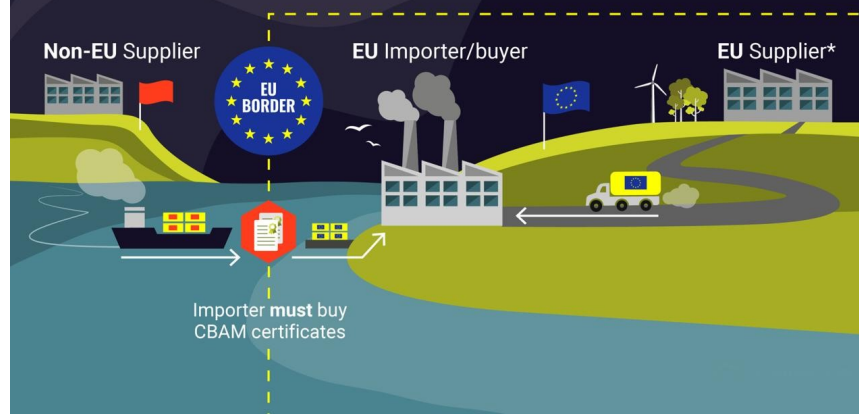
- Steel
- Aluminium
- Electricity
- Fertilizer
- Cement

Production abroad



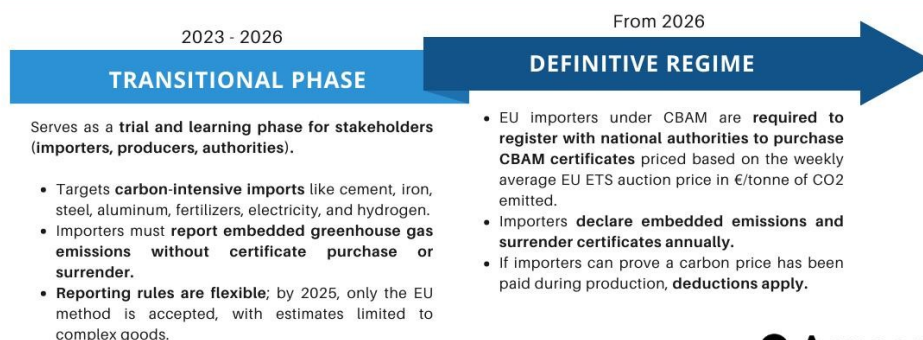
www.civilsdaily.com

HOW IT WORKS: THE EU CARBON BORDER ADJUSTMENT MECHANISM (CBAM)



CARBON BORDER ADJUSTMENT MECHANISM

Price mechanism on carbon intensive goods entering the EU



Asuene

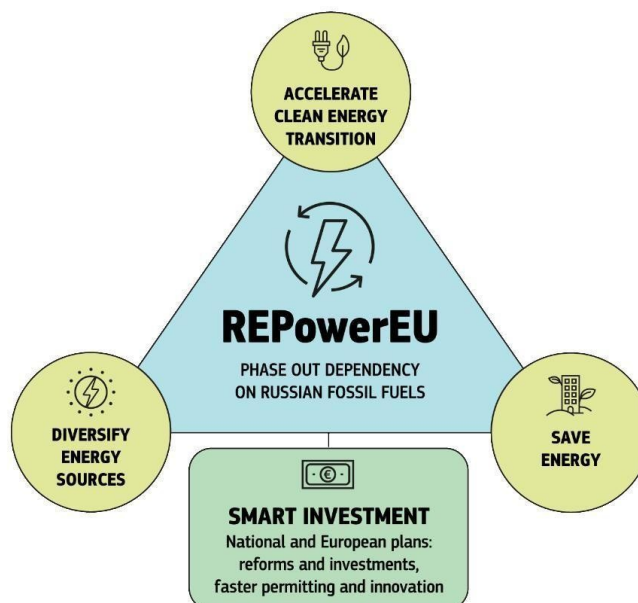
CBAM (Carbon Border Adjustment Mechanism) — механізм вуглецевого коригування імпорту.

Його призначення:

- ✓ уникнення перенесення виробництва до країн із менш суворими екологічними вимогами;
- ✓ стимулювання декарбонізації міжнародної торгівлі;
- ✓ забезпечення чесної конкуренції між виробниками ЄС та імпортерами.

5. REPowerEU - нова енергетична стратегія ЄС

5.1. Передумови створення



REPowerEU було розроблено як відповідь на нові виклики енергетичної безпеки Європи. План спрямований на прискорення переходу до чистої енергетики та зменшення залежності від імпорту викопного палива.

5.2. Основні напрями REPowerEU

Напрямок	Зміст
Економія енергії	Підвищення ефективності використання енергії.
ВДЕ	Прискорене введення нових потужностей.

Водень	Розвиток виробництва та використання зеленого водню.
Інфраструктура	LNG-термінали, інтерконектори, електромережі.
Диверсифікація	Нові постачальники газу, водню та електроенергії.

5.3. Значення REPowerEU

REPowerEU поєднує:

- кліматичну політику;
- енергетичну безпеку;
- міжнародне партнерство;
- інвестиції;
- технологічні інновації.

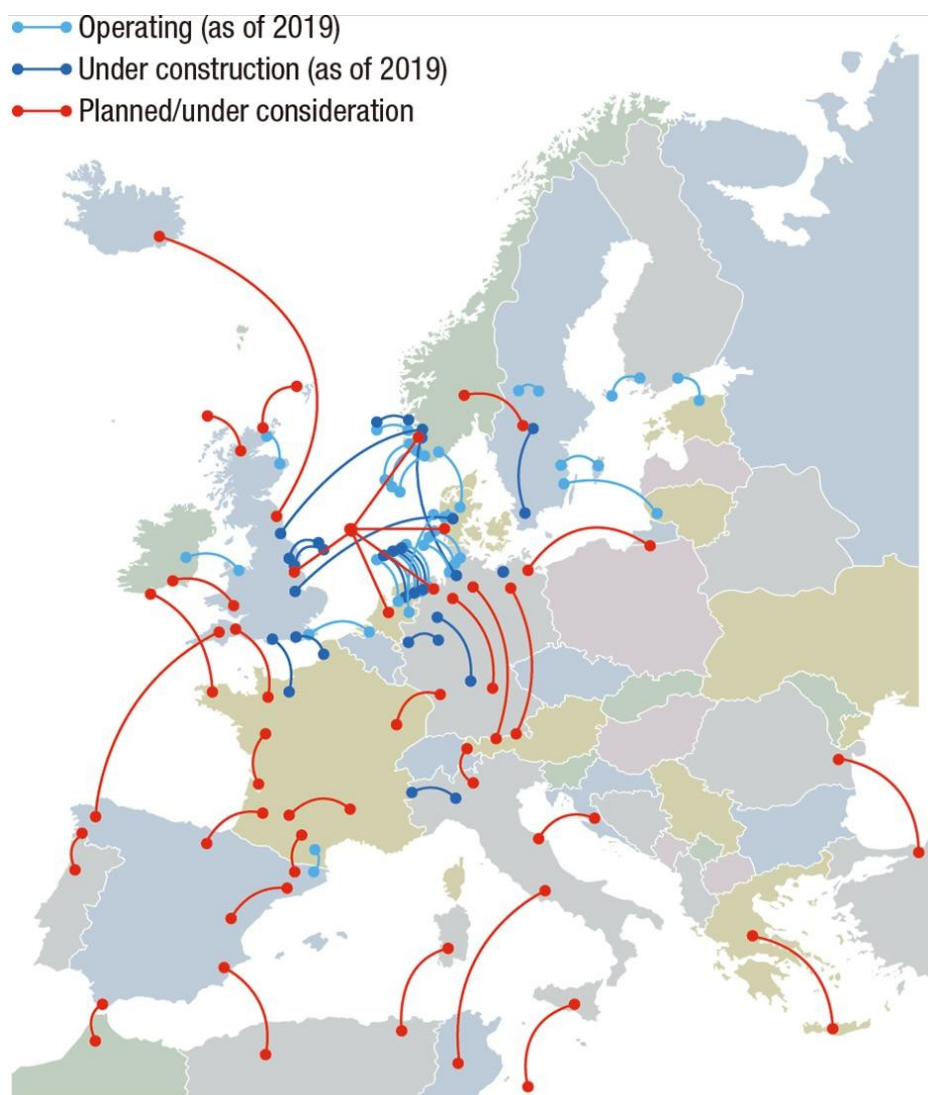
6. Міжнародна енергетична політика Європейського Союзу

6.1. Основні принципи

Міжнародна енергетична політика ЄС спрямована на забезпечення сталого розвитку енергетики не лише всередині Союзу, а й у взаємодії з іншими країнами.

Основні принципи:

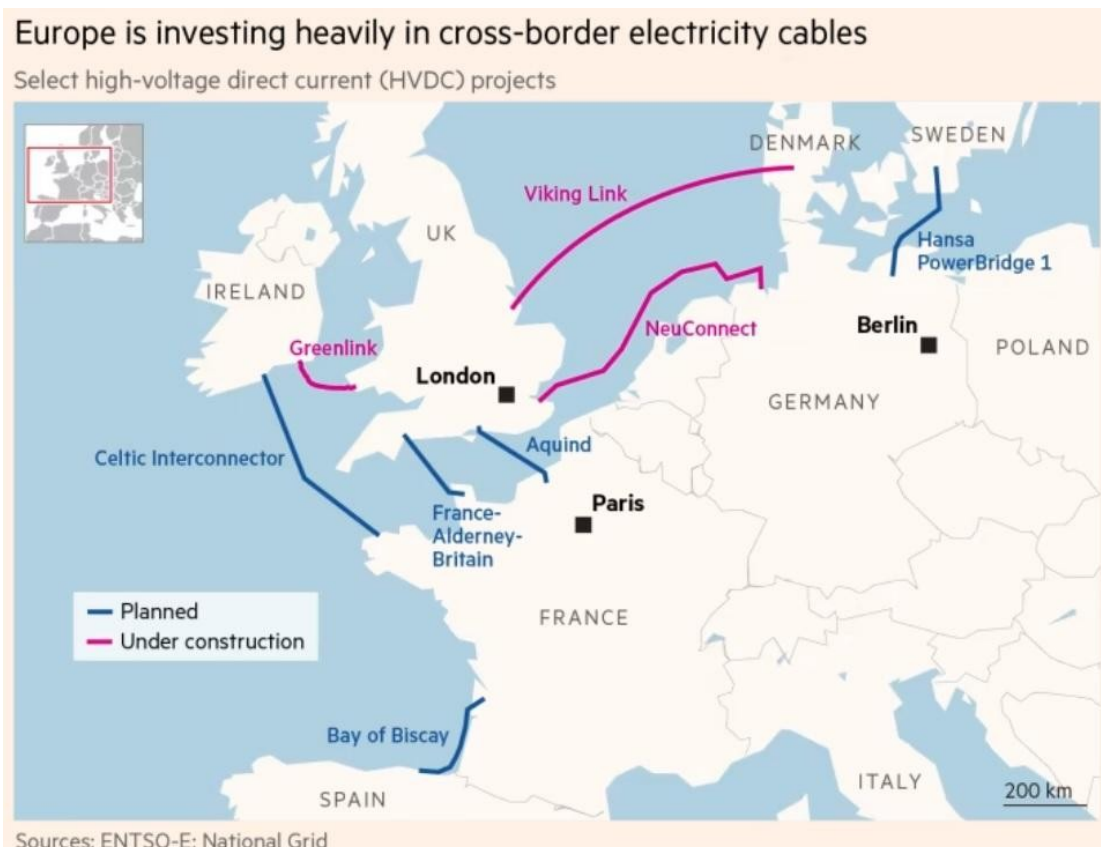
- ✓ енергетична безпека;
- ✓ диверсифікація постачання;
- ✓ декарбонізація;
- ✓ розвиток міжнародної інфраструктури;
- ✓ технологічне співробітництво;
- ✓ інновації.



The gas supply to Europe

ISPI





6.2. Основні напрями міжнародного співробітництва

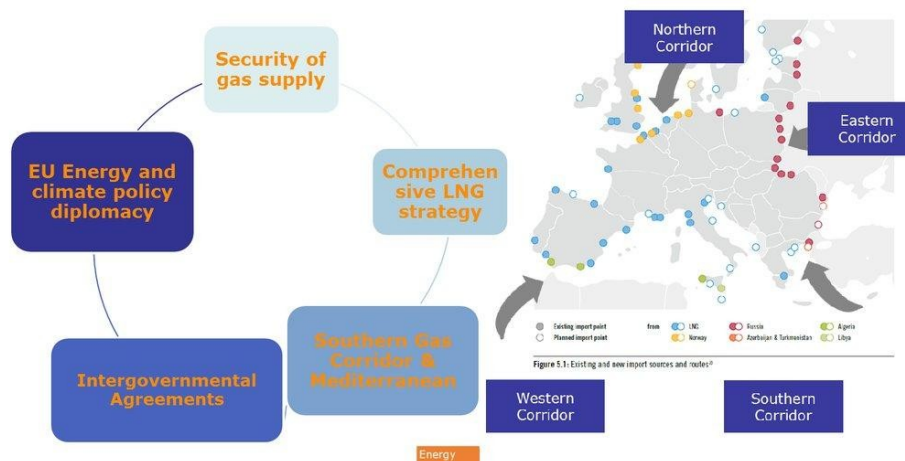
Напря́м	Приклади
Електроенергетика	Інтерконектори між країнами.
Водень	Міжнародні водневі коридори.
ВДЕ	Спільні інвестиції у сонячні та вітрові електростанції.
Енергоефективність	Обмін технологіями модернізації будівель.
Наука	Спільні дослідницькі програми університетів.

7. Енергетична дипломатія ЄС

7.1. Поняття енергетичної дипломатії

Energy Security, solidarity and trust

Diversify sources, suppliers and routes

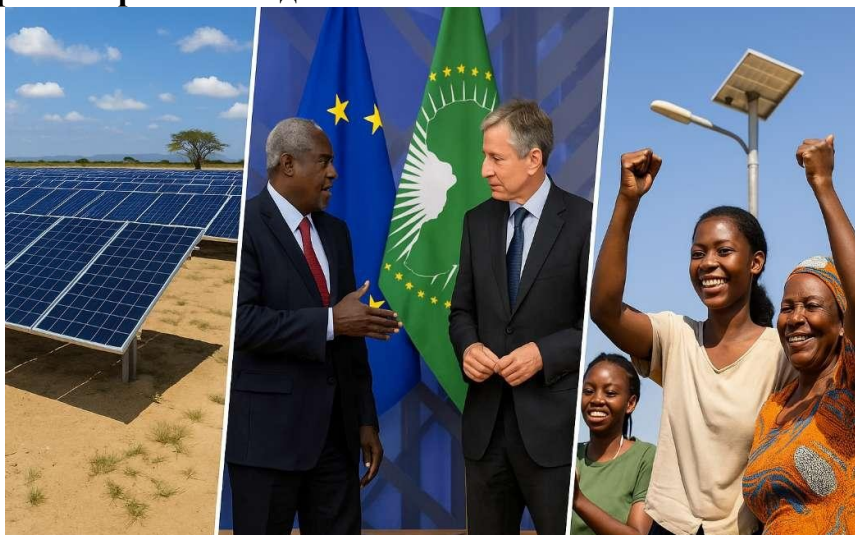


Енергетична дипломатія - це використання міжнародних політичних, економічних і наукових інструментів для забезпечення стабільного функціонування енергетичних систем.

Основні цілі:

- енергетична безпека;
- стабільність ринків;
- розвиток чистих технологій;
- міжнародні інвестиції;
- підтримка кліматичної політики.

7.2. Форми енергетичної дипломатії







Форми співробітництва:

- ✓ міжнародні угоди;
- ✓ стратегічні партнерства;
- ✓ фінансування проєктів;
- ✓ технічна допомога;
- ✓ науково-технічне співробітництво;
- ✓ стандартизація.

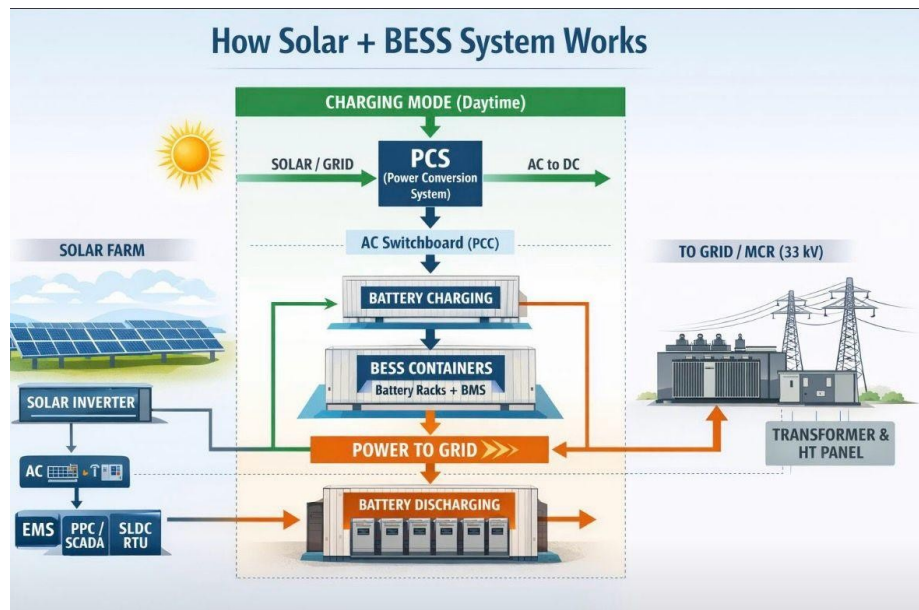
8. Відроджувана енергетика як міжнародний пріоритет

8.1. Основні види ВДЕ



Вид ВДЕ	Особливості
Сонячна енергетика	Швидке зростання встановленої потужності.
Вітрова енергетика	Особливо активно розвивається офшорна генерація.
Гідроенергетика	Регулювання режимів роботи енергосистем.
Біоенергетика	Використання біомаси та біогазу.
Геотермальна енергетика	Локальні низьковуглецеві джерела тепла та електроенергії.

8.2. Виклики інтеграції ВДЕ

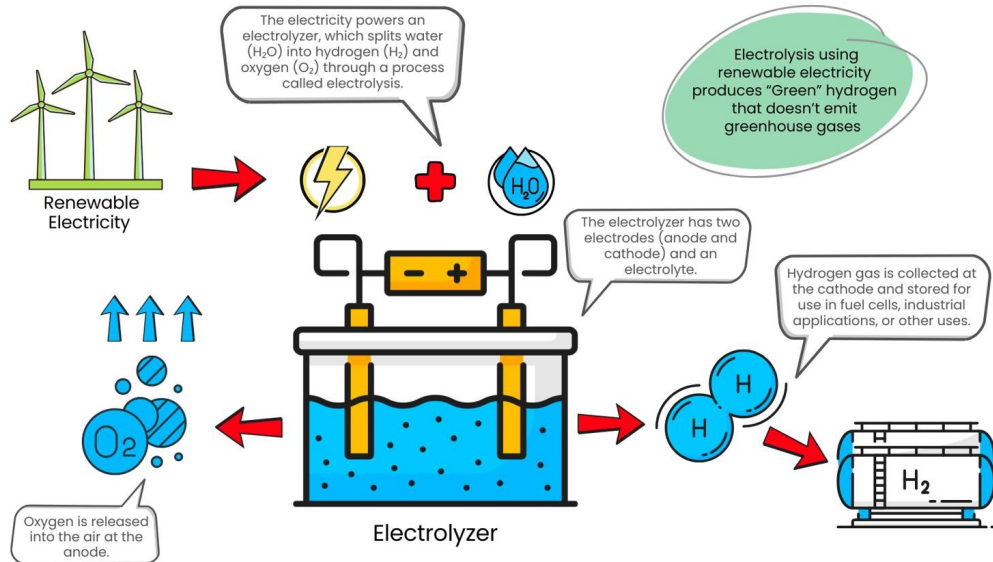


Основні проблеми:

- ✓ нестабільність генерації;
- ✓ потреба у накопиченні енергії;
- ✓ балансування навантаження;
- ✓ цифрове керування мережею;
- ✓ прогнозування виробітку.

9. Зелений водень

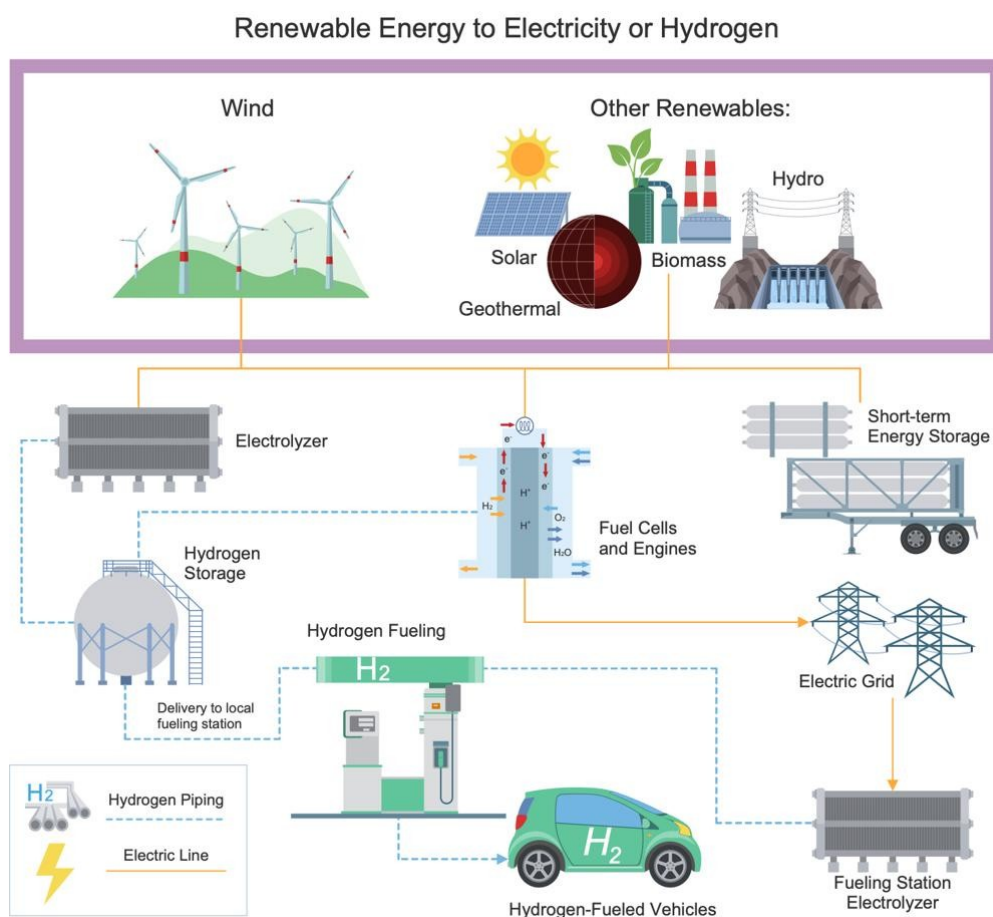
9.1. Що таке зелений водень?

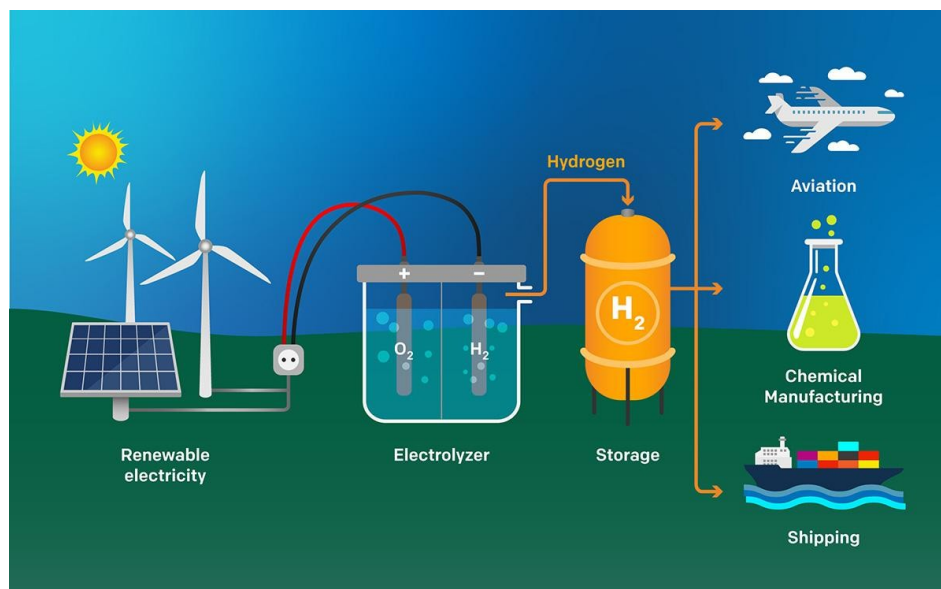




Зелений водень виробляється шляхом електролізу води за допомогою електроенергії з відновлюваних джерел.

Ланцюг створення водню





Етапи:

1. генерація ВДЕ;
2. електроліз;
3. зберігання;
4. транспортування;
5. використання.

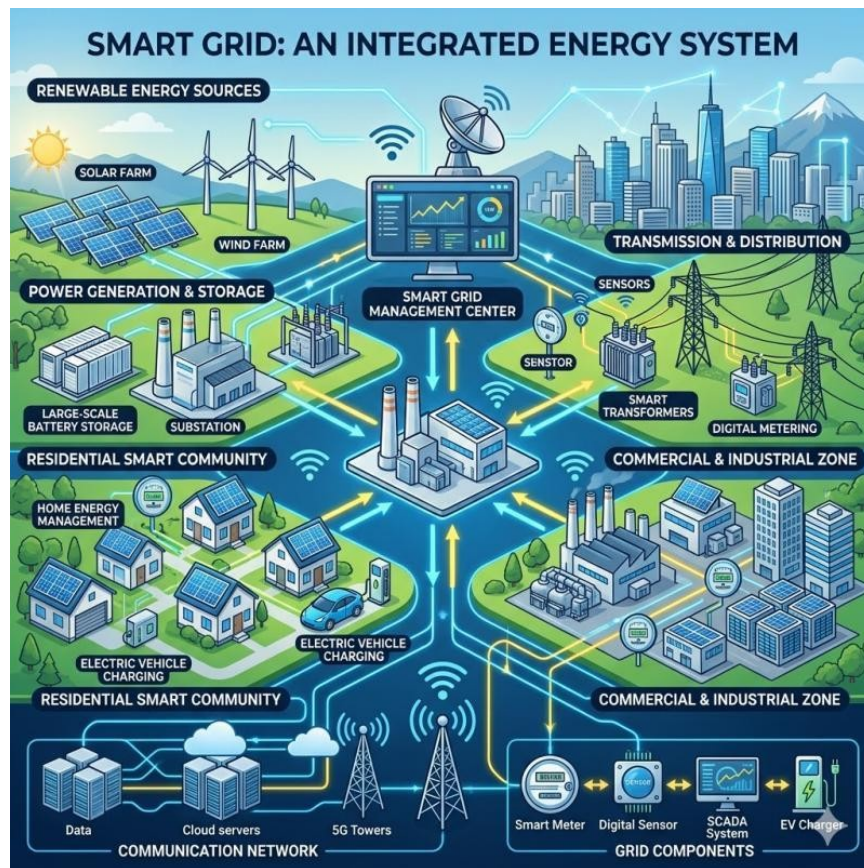
9.2. Значення водню

Перспективні напрями використання:

- металургія;
- транспорт;
- теплоенергетика;
- резервне накопичення електроенергії;
- виробництво синтетичних палив.

10. Smart Grid і цифровізація енергетики

10.1. Поняття Smart Grid

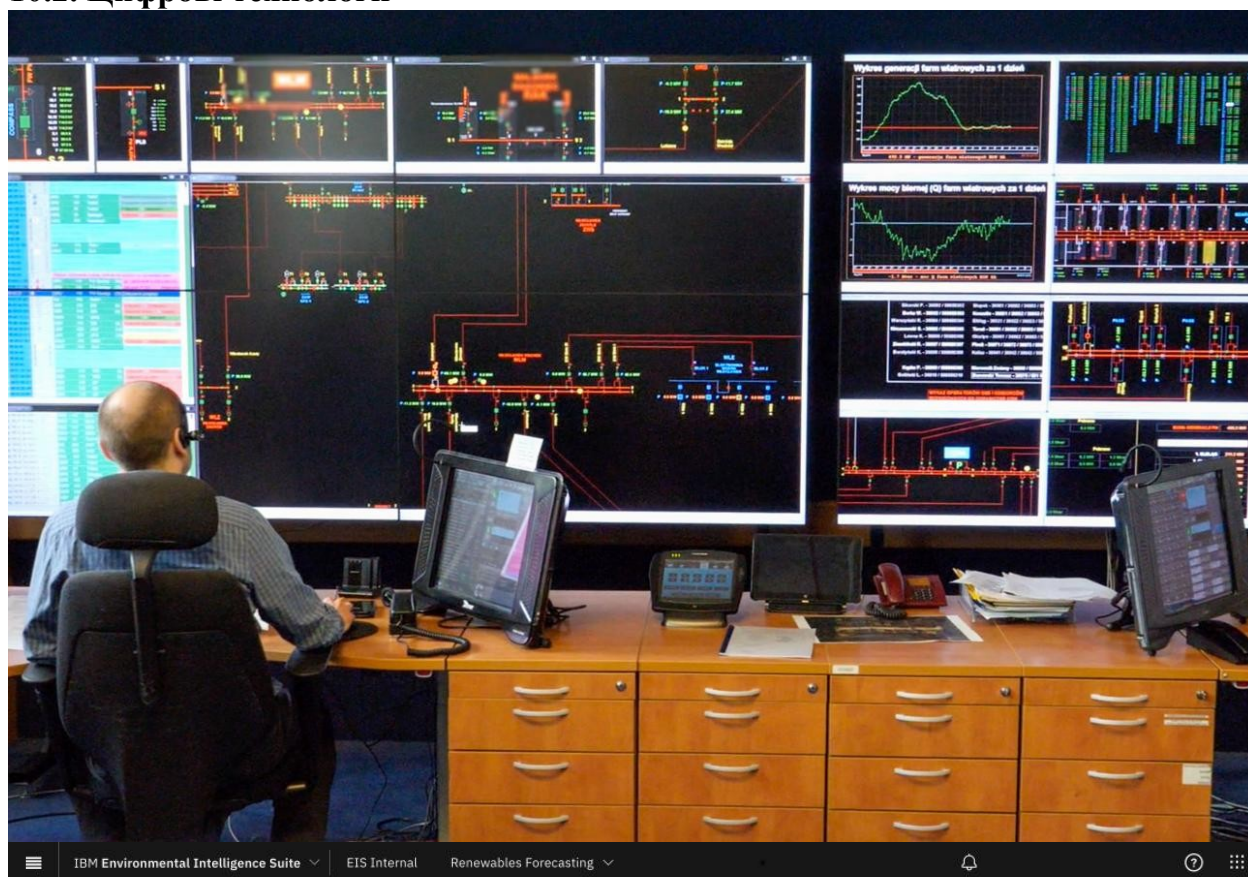


Smart Grid - інтелектуальна електрична мережа, що використовує цифрові технології для моніторингу та керування режимами роботи.

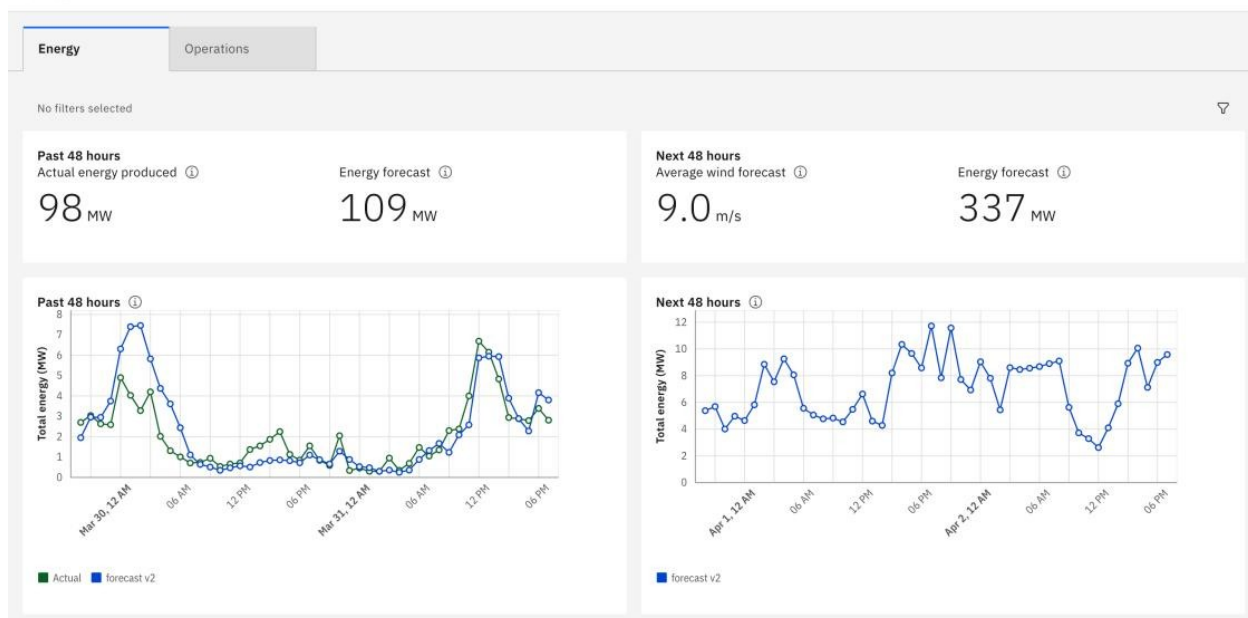
Основні компоненти:

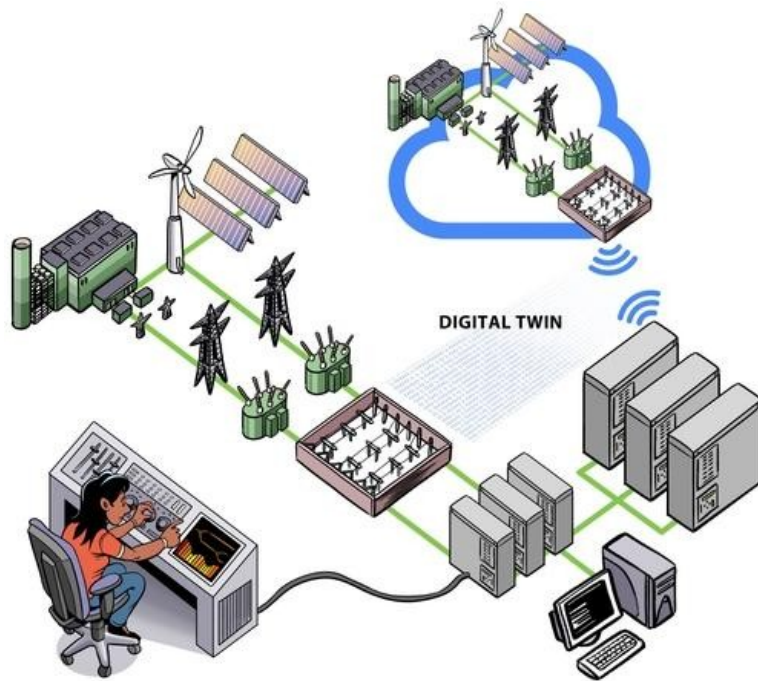
- ✓ Smart Meter;
- ✓ SCADA;
- ✓ IoT;
- ✓ автоматизовані підстанції;

✓ цифрові платформи.
10.2. Цифрові технології



Dashboard





Основні технології:

Технологія	Призначення
SCADA	Моніторинг режимів мережі.
IoT	Збір даних із великої кількості пристроїв.
Штучний інтелект	Прогнозування навантаження та генерації.
Digital Twin	Моделювання роботи енергетичних об'єктів.
Big Data	Аналіз режимів електроспоживання.

10.3. Значення Smart Grid для магістрів-енергетиків

Особливо актуальними є:

- ✓ моделювання графіків електроспоживання;
- ✓ оптимізація режимів роботи мереж;
- ✓ цифрові системи керування;
- ✓ інтеграція накопичувачів енергії;
- ✓ прогнозування навантаження.

Саме ці технології безпосередньо пов'язані з сучасними дослідженнями у сфері електроенергетики.

11. Global Gateway - міжнародна інвестиційна стратегія ЄС

11.1. Загальна характеристика

THE GLOBAL GATEWAY

Connecting goods, people and services around the world in a sustainable way

€ 300 billion
in investments (2021- 2027)
Through a Team Europe approach



Global Gateway is Europe's offer to build more resilient connections with the world through investments and partnerships

INVESTMENT PRIORITIES



Digital Networks and Infrastructures



Climate Resilience and Clean Energy



Green Smart and Safe Transport



Health Systems and Supply Chains



High Quality Education and Research

KEY GUIDING PRINCIPLES FOR INVESTMENTS

Democratic values and high standards



Good governance and transparency



Equal partnerships



Green and clean infrastructures



Catalysing private sector investment

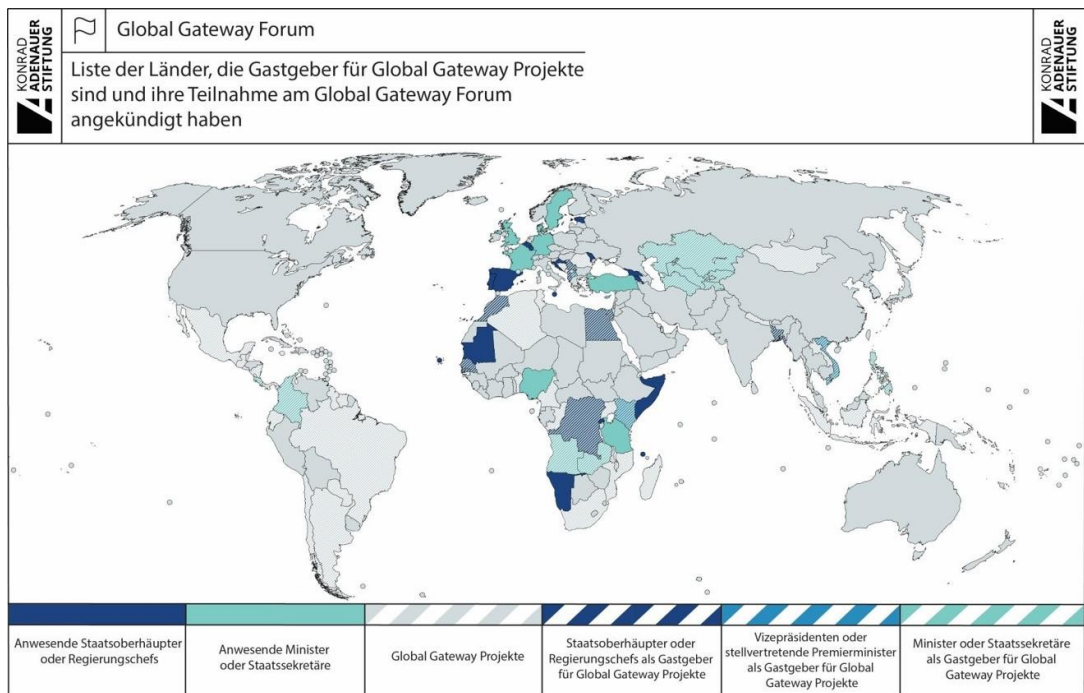


Security focused

GLOBAL CITIZEN.  **SCALING UP RENEWABLES IN AFRICA**

€15.5 billion
for clean energy in Africa





* Es ist zu beachten, dass Indien zwar nicht offiziell teilgenommen hat, aber im Hinblick auf seine G20-Präsidentschaft einen Delegierten entsandt hat.

Global Gateway - стратегія розвитку міжнародної інфраструктури та партнерств ЄС. Вона підтримує проекти у сфері клімату, енергетики, транспорту, цифровізації, освіти та науки.

11.2. Значення для енергетики

Основні напрями підтримки:

- ✓ відновлювана енергетика;
- ✓ електромережі;
- ✓ енергоефективність;
- ✓ водневі технології;
- ✓ накопичення енергії;
- ✓ підготовка кадрів.

12. Міжнародне науково-технічне співробітництво в енергетиці

12.1. Основні форми співробітництва

Форма	Приклад
Гранти	Фінансування міжнародних досліджень.
Академічна мобільність	Обмін студентами та викладачами.
Спільні лабораторії	Дослідження Smart Grid, ВДЕ, накопичення.
Пілотні проекти	Демонстрація нових енергетичних технологій.
Консорціуми	Міжнародні університетські дослідницькі мережі.

12.2. Пріоритетні напрями досліджень

Пріоритетними залишаються:

- накопичувачі енергії;
- водень;
- цифрові мережі;
- енергоефективні будівлі;
- прогнозування режимів електроспоживання;
- системи керування попитом.

Міжнародні	Конкуренція за критичні матеріали, геополітичні ризики, стандартизація.
------------	---

15. Значення теми для майбутніх інженерів-енергетиків

Сучасний інженер-енергетик повинен володіти компетентностями у сферах:

- енергоефективності;
- моделювання режимів електроспоживання;
- цифрових електромереж;
- відновлюваної енергетики;
- міжнародних стандартів;
- екологічної оцінки енергетичних проєктів;
- міжнародного проєктного менеджменту.

Висновки

Кліматична нейтральність є стратегічною метою Європейського Союзу та одним із найважливіших напрямів сучасної міжнародної енергетичної політики. Реалізація цієї мети передбачає комплексну трансформацію енергетичного сектору шляхом розвитку відновлюваних джерел енергії, підвищення енергоефективності, цифровізації електричних мереж, впровадження систем накопичення енергії та розвитку водневих технологій. Європейський зелений курс, Європейський кліматичний закон, пакети Fit for 55 і REPowerEU формують законодавчу та економічну основу цього переходу.

Міжнародна енергетична політика ЄС ґрунтується на принципах енергетичної безпеки, декарбонізації, диверсифікації джерел енергії та розвитку міжнародного науково-технічного співробітництва. Для України участь у європейських кліматичних та енергетичних ініціативах створює можливості модернізації енергетичної інфраструктури, інтеграції до європейського енергетичного ринку, розвитку інноваційних технологій та підготовки висококваліфікованих фахівців у сфері електроенергетики.

Тема 5. Енергозбереження в рамках міжнародної співпраці

Три основні напрямки енергозбереження:

- ☐ корисне використання (утилізація) енергетичних втрат;
- ☐ модернізація устаткування з метою зменшення втрат енергії;
- ☐ інтенсивне енергозбереження.

Використання теплових відходів промислового виробництва може бути чудовим прикладом утилізації енергетичних втрат. При модернізації виробництва зменшуються втрати енергії у діючому устаткуванні, але не змінюються принципи технології та обладнання. За приклад можна взяти установку системи автоматичного регулювання процесів горіння на котлах електростанцій, ущільнення вікон і дверей під час ремонту будинків, використання вікон з потрійним склом і т.п. На відміну від попередніх прикладів існує так зване інтенсивне енергозбереження, яке передбачає повну реконструкцію встановленого устаткування та запровадження нових принципів його роботи, що значно скорочує споживання енергії. Прикладом може бути заміна двигунів внутрішнього згорання в автомобілях на електродвигуни із живленням від сонячних елементів (електромобілі).

Енергозбереження – це діяльність спрямована на ефективне використання ПЕР. Енергозбереження реалізується за допомогою організаційних, технічних, інформаційних та правових методів.

ПЕР – це сукупність всіх природних та перетворених видів палива та енергії, які використовуються в національному господарстві.

Енергозберігаючі заходи – це заходи спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних технологій, продукції, обладнання.

Енергозбереження щодо першого закону: не марнуйте енергію!

Тобто, використовуючи енергію раціональніше, ми за той самий час будемо витрачати її менше, ніж раніше.

Рекомендовані заходи з енергозбереження, що відповідають першому закону:

- використовуйте економні електричні лампочки (лампи денного світла замість жарівок);
- вимикайте освітлювальні й нагрівальні прилади, коли виходите з кімнати;
- слідкуйте за тим, щоби водопровідні крани та зливні бачки не протікали.

Енергозбереження щодо другого закону: не втрачайте якість енергії!

Наведемо приклади енергозбереження відповідно до другого закону:

- ❖ використання біоенергії і теплової енергії для обігрівання приміщень замість електроенергії;
- ❖ використання теплових відходів для обігрівання будинків;
- ❖ використання сонячної енергії для обігрівання приміщень, підігріву води тощо. Отже, за деяких способів енергозбереження (наприклад, при використанні теплових відходів для обігрівання) чинні обидва енергетичні закони.

Енергозбереження й охорона довкілля

Сьогодні люди витрачають дуже багато енергії. При використанні таких джерел енергії, як **вугілля, нафта, сланці, торф**, довкілля настільки забруднюється, що це викликає серйозне занепокоєння учених у всьому світі. **Зниження енергоспоживання** - один зі способів поліпшити становище.

Ще більш перспективним щодо збереження якості довкілля є **зменшення використання невідновлюваних джерел і збільшення частки відновлюваних джерел енергії**. Адже, використовуючи відновлювані джерела енергії, ми

зменшуємо кількість шкідливих викидів у атмосферу. Але для того, щоб відновлювані джерела енергії прийшли на зміну невідновлюваним, потрібен певний час, тому важливо використовувати лише стільки енергії, скільки необхідно, і не більше того. Найперспективнішим напрямком є підвищення ефективності використання енергії.

Отже, заощаджуючи енергію, ми рятуємо навколишнє середовище. Це не складно, і почати можна одразу:

- ❖ виходячи з кімнати, не забувайте вимкнути світло й електроприлади;
- ❖ не тримайте водопровідний кран відкритим, поки чистите зуби;
- ❖ ходіть у магазин, що поряд з вами, пішки, або користуйтеся велосипедом.

Обігрівання приміщень

Ми живемо в прохолодному кліматі і тому змушені вишукувати штучні методи збереження тепла. Узимку, виходячи на вулицю, вдягаємо теплий одяг. А як бути з приміщеннями? Їх обігрівання стало дорогим. Діючі обігрівальні системи створювалися, коли ціни на енергію були низькими і ефективності використання тепла не надавали значення. Сьогодні на опалення приміщень витрачається четверта частина палива, що споживається в країні, при цьому 80% іде на обігрівання житлових будинків.

Проблема енергозбереження полягає не тільки в тому, щоб запобігти втратам тепла, що надійшло в будинки, а і як доставити достатньо теплоти кінцевому споживачеві з мінімальними втратами.

Українські стандарти передбачають комфортну температуру всередині приміщень не нижче 18-20°C. В Україні велика кількість будинків старої забудови мають дуже низьку енергоефективність та недосконалі тепломережі. Це створює низку економічних і технічних проблем, що значно утруднюють підтримання комфортної температури в житлових приміщеннях. Отже, потрібна постійна подача додаткової теплоти для компенсації її втрат. У наших будинках тепло втрачається за рахунок:

- **конвекції**. Це - протяг або вентиляція, у результаті чого тепле повітря виходить, а надходить холодне;

- **теплопровідності**. Це - передача тепла від теплих внутрішніх поверхонь приміщення до холодних зовнішніх.

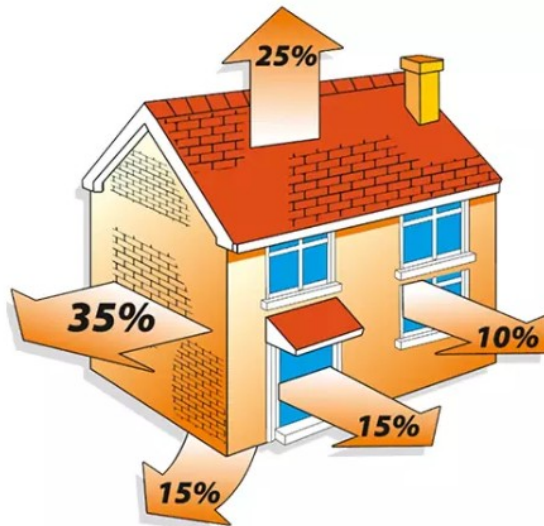
Найпоширеніші тепловтрати приватного будинку

Витік тепла може відбуватися з низки причин. Фахівці виділяють найчастіші місця локалізації основних тепловтрат у будинку:

❑ Втрати через стіни можливі через використання неякісних матеріалів під час будівництва або через механічні пошкодження;

❑ Витік тепла через підлогу характерний для приватних будинків та першого поверху багатоповерхових будинків, де підлога безпосередньо контактує з фундаментом або підвалом;

❑ Втрата тепла через стелю зустрічається у приватних будинках та на останньому поверсі багатоповерхівок.



Чи знаєте ви що...

- на втрати тепла через стіни припадає від 10 до 30 % усіх втрат тепла в квартирі і 30-50 % усіх втрат в будинку. Отже, теплоізоляція стін і покрівлі зменшить втрати тепла, а витрати на це компенсуються заощадженням енергії.
- найбільшу кількість кисню виділяють середньовікові насадження (від 30 до 60-80 років). Наприклад, соснові насадження виділяють в рік 10,9 т/га кисню, березові – 10,8 т/га, осикові – 9,7 т/га.
- електричні прилади частіше перегорять у момент їх увімкнення та вимкнення. Для продовження терміну служби приладів вам краще не вимикати їх, якщо знаєте, що незабаром треба буде знову ними користуватися.
- телевізори й інші прилади, що мають функцію “stand-by” споживають електроенергію, навіть якщо вони не працюють. Для повного відключення вночі використовуйте кнопку вимикання, щоб зберегти енергію і знизити небезпеку пожежі.
- світлі стіни відбивають 70-80 % світла, у той час як темні – тільки 10-15 %.
- заощадити електроенергію на освітлення можна, якщо частіше мити вікна і розсувати удень фіранки.

Потенціал енергозбереження в системах тепло- та гарячого водопостачання

Щоб нагріти воду, необхідно багато енергії. У більшості багатоквартирних будинків в Україні користування гарячою водою раніше було майже безкоштовним, і тому рівень її споживання був вищий, ніж в інших європейських країнах. Дані про витрати гарячої води свідчать, що одна людина в Україні витрачає її значно більше ніж, наприклад, у Норвегії. Тепер вартість гарячої води, що надходить у наші квартири, подорожчала, і люди почали ощадливіше ставитися до її використання. Все більше людей розуміє необхідність встановлення лічильників витрат гарячої і холодної води. У тих квартирах, де є лічильники, витрати гарячої води зменшилися, а сплата за використання гарячої води знизилася для мешканців майже вдвічі.

Найбільша частина гарячої води витрачається на обігрівання приміщень, особливо в будинках з централізованими системами опалення. Ми не можемо вплинути на втрати тепла при його транспортуванні від теплогенеруючої станції до будинку, але в будинку ми цілком можемо значно зменшити наші витрати на опалення через підвищення ефективності використання тепла, що надійшло до нас. Найбільш простим та ефективним способом є встановлення радіаторних

терморегуляторів, що дозволяють регулювати надходження дорогого тепла з системи опалення в залежності від температурного режиму на зовні та особливостей мікроклімату в приміщенні.

Встановлення радіаторних терморегуляторів дає змогу підтримувати різну температуру у різних приміщеннях та у різний час доби. Так, наприклад, зниження температури у нічний час лише на 1°C обумовлює зменшення споживання тепла на 5...8% протягом відповідного часу.

Оснащення опалювальної системи радіаторними терморегуляторами дає змогу заощадити близько 20% енергії, що споживається, залежно від типу будівлі та параметрів опалювальної системи. При великій площі опалення, як, наприклад, школи, це дає суттєву економію, яка може обчислюватися десятками тисяч гривень за опалювальний сезон. Значні об'єми гарячої води ми витрачаємо, користуючись душем, миючи посуд.

Гаряча вода також використовується для умивання, прибирання, прання. Ці процеси теж можна удосконалити з огляду енергоспоживання. Більшість посудомийних і пральних машин, звичайно, самостійно нагріває воду за допомогою електронагрівачів.

З огляду на різну енергоефективність цих пристроїв загальними рекомендаціями при їх виборі є:

- обирайте пральні машини, які за один цикл використовують не більше 50 літрів води;
- посудомийні машини мають використовувати на одне завантаження не більше 15 літрів води.

Енергетичне маркування

Раціональне використання енергії є одним з найбільш доступних та низько затратних шляхів підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і зниження рівня техногенного впливу на довкілля. Людина з року в рік все більше залежить від різноманітних приладів і пристроїв що допомагають їй у побуті, роботі, полегшують життя. Більшість з них живиться електричним струмом. Але часто пристрої що здійснюють одні і ті ж функції можуть споживати різну кількість енергії для виконання одного і того ж обсягу роботи. Тобто вони мають різну енергетичну ефективність.

Споживачі мають знати ступінь ефективності використання енергії у приладах, які вони використовують. З цією метою у провідних країнах світу було **розроблене енергетичне маркування**, яке надає нам точну інформацію про фактичні обсяги споживання енергії різними приладами.

Енергетичне маркування - подання споживачам інформації про рівень ефективності споживання електрообладнанням енергії та інших ресурсів, а також додаткової інформації шляхом прикріплення (нанесення) енергетичної етикетки.

Енергетичне маркування забезпечується нанесенням на упаковку **енергетичної етикетки** - картки встановленої форми, яка містить інформацію про рівень ефективності споживання електрообладнанням енергії та інших ресурсів (клас та показники енергетичної ефективності), а також додаткову інформацію.

Наприклад, до етикетки може бути розміщений додаток, так звана **маркувальна енергетична смужка (МЕС)**, що містить гарантовані виробником показники енергетичної ефективності електрообладнання побутового призначення та інші необхідні додаткові відомості. Якщо етикетка не друкується на упаковці, а розташовується або прикріплюється окремо на упаковку, вона має бути кольоровою.

У випадку використання чорно-білої версії етикетки, друк і фон можуть бути будь-якого кольору, що зберігає розбірливість ярлика.

На маркувальній енергетичній смужці, для надання споживачеві повної інформації про енергетичну ефективність виробу, має бути вказані **наступна інформація**:

I - Клас енергетичної ефективності лампи, Буква-вказівник розміщується на тому самому рівні, що і відповідна стрілка.

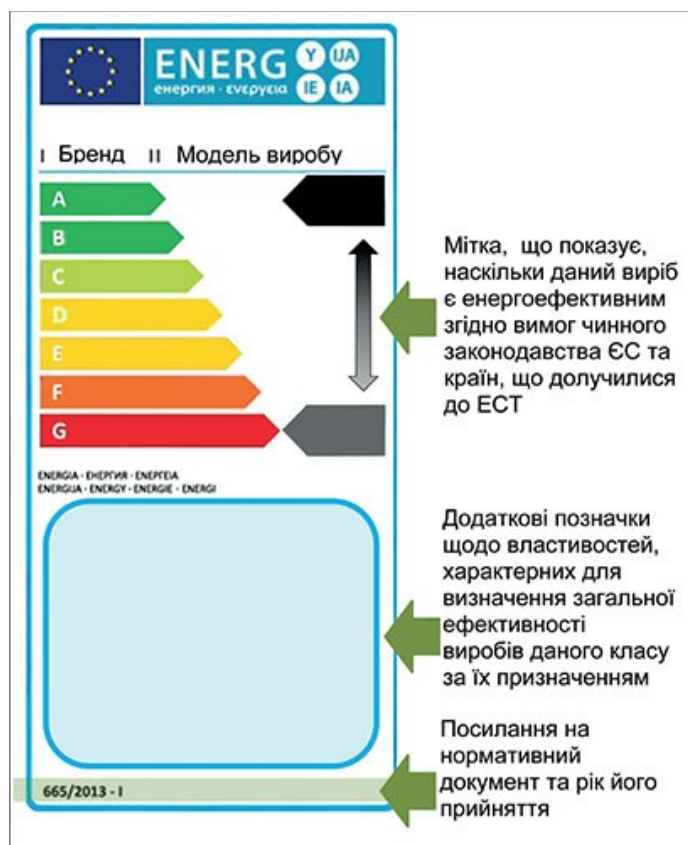
II - Світловий потік лампи в люменах,

III - Споживана потужність (Ватт) лампи,

IV - Середня тривалість використання лампи в годинах.

Використовуючи енергетичне маркування кожен з нас може доволі швидко розібратися у характеристиках будь-якої побутової техніки, пристрою чи автомобіля щодо споживання енергії та інших важливих з точки зору охорони довкілля характеристиках та обирати найбільш енергоефективні й безпечні пристрої. Таким простим чином ми економимо власні кошти та робимо свій дієвий внесок у захист довкілля від забруднення та боротьбу з глобальним потеплінням.

СЛАЙД 13



Освітлення

Людам для існування потрібне світло. Понад 95% інформації про оточення людина отримує завдяки зору, ефективність якого повністю залежить від якості освітлення. За свою історію людство використовувало для освітлення все, що може горіти. Після винаходу ламп розжарювання і впровадження електромереж електричне світло виявилось найкращим способом штучного освітлення. Тому не

дивно, що штучне освітлення віддавна є важливим чинником цивілізаційного процесу.

Штучне освітлення - це передусім комфорт та безпека людей на робочому місці, у темну пору доби, а також потужний інструмент впливу на естетичне сприйняття оточуючого середовища.

Освітлення - це одне з тих застосувань енергії, де дійсно варто використовувати високоякісну енергію електрики.

Постійно зростаючі потреби в освітленні вимагають збільшення обсягів виробництва електроенергії, що в свою чергу потребує додаткових капіталовкладень для створення нових потужностей з виробництва електроенергії, добування паливних копалин та утилізації відходів.

В Україні для освітлення витрачається понад 32 млрд. кВт*год. електроенергії, що складає близько 30% загального обсягу її споживання. Питома вага витрат електроенергії в Україні на освітлення практично у 2-2,5 рази вища, ніж у розвинених країнах.

Це зумовлено використанням у світильниках **малоефективних джерел світла** (ламп розжарювання, люмінесцентних ламп старого зразка, ртутних ламп високого тиску), експлуатацією старих, фізично зношених світильників з неприпустимо низькими характеристиками відбивачів і розсіювачів (ККД на рівні 25-40%), відсутність систем регулювання освітлення.

Тому підвищення енергоефективності систем освітлення є одним з пріоритетів енергетичної політики та дієвим механізмом економії електроенергії, що витрачається на освітлення.

Поширена до сьогодні в Україні технологія освітлення базувалася на використанні різноманітних ламп розжарювання. Вона має низьку ефективність - **лише 5-7% електроенергії**, яка споживається лампою розжарювання, перетворюється на світло, решта трансформується в тепло та інші види випромінювання.

Альтернативою лампам розжарювання за останні 10 років стали компактні люмінесцентні лампи, енергетична ефективність яких у 2,5-3 рази вища, а середня тривалість роботи складає 10000 год. Слід пам'ятати, що компактні флуоресцентні лампи містять пари ртуті і вимагають спеціальної утилізації. Досягнення в галузі оптоелектроніки сприяли створенню джерел світла на основі **твердотільних світлодіодів**.

Звичайні заходи

- ❖ Вимикайте світло, коли воно не потрібне.
- ❖ Використовуйте енергоефективні лампочки. Тієї енергії, що ви колись витрачали для однієї лампочки, буде досить для п'яти нових енергозберігаючих ламп.
- ❖ Іноді краще змінити світильник, ніж встановлювати додаткове освітлення.
- ❖ Дайте доступ денному світлу – розсуньте жалюзі.
- ❖ Частіше витирайте порошок з лампочок і плафонів.

Тема 6. Енергетичний перехід

Децентралізована або розподілена генерація - 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.

Найбільш популярні технології у розподілених системах генерації – це технології на базі **відновлювальних джерел енергії (ВДЕ)** та системи когенерації (коли одночасно виробляється електрика та тепло):

- Сонячні панелі (PV);
- Малі вітряні турбіни;
- Когенераційні установки;
- Станції, що спалюють біомасу та тверді побутові відходи;
- Малі гідроелектростанції.

Кожна така енергетична установка має мати встановлене устаткування, що дозволить оператору мережі бачити її у центральній системі управління і за необхідності обмежувати її виробництво, якщо є ризик створення аварійної ситуації на конкретній ділянці мережі. Певні проблеми при розвитку розподіленої генерації у Німеччині спочатку були викликані саме відсутністю вимоги щодо наявності такого устаткування - «розумного інвертора», однак із 2014 року всі нові установки більше 100 кВт мають бути обладнані таким устаткуванням. В Україні поки не передбачено обов'язковості встановлення подібних пристроїв для електростанцій.

Розвиток розподіленої генерації у світі

Відповідно до опитування, проведеного Word 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. Такі об'єкти передбачають безпечність, доступність і конкурентоспроможність енергоресурсів, тому приваблюють енергетиків, інноваторів, політиків і споживачів як оптимальний метод забезпечення енергетичних потреб.

Навіть за нормальної роботи АЕС виробляють 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.

Продовжує зростати динаміка використання енергії Сонця - встановлення сонячних панелей на даху будинку або земельній ділянці та сонячних колекторів для обігріву води. У 2017 році обсяг інвестицій у малі сонячні установки на дахах і наземні системи зріс на 15 % у всьому світі, що складає додаткові 49,4 білльйонів доларів США.

Німеччина - вже 2014 року у Німеччині частка малих систем генерації, встановлених споживачами, сягнула майже 20% від всіх встановлених потужностей у країні. Орієнтир на розвиток малих сонячних станцій країна взяла ще на початку 1990-х, були створені державні програми підтримки малих СЕС "Тисяча сонячних дахів", яка після успіху трансформувалась у програму "Сто тисяч сонячних дахів". Завдяки програмі було доведено, що дахи звичайних приватних будинків є добре пристосованими для децентралізованого виробництва фотоелектроенергії. Результатом запровадження "Сто тисяч сонячних дахів" стало підвищення громадської обізнаності щодо можливостей використання фотоелектрики, що сприяло зростанню зацікавленості населення у застосуванні технологій і частки ринку загалом.

Данія - за останні десятиріччя Данія розвинула систему, де теплопостачання успішно інтегрується з балансуванням електроенергії. Половина електроенергії Данії виробляється невеликими комбінованими тепло- й електростанціями! Ця система достатньо гнучка і дозволяє змінювати пропорції виробництва тепла й електроенергії, а також має вбудовану систему збереження тепла, що дозволяє продовжити подачу тепла при одночасному зниженні виробництва електроенергії на ТЕЦ, коли у системі є достатньо енергії вітру (Danish Energy Agency, 2014 рік).

США - у першій половині 2015 року розподілені системи генерації становили 40 % всіх встановлених за цей період генеруючих потужностей США, а кількість панелей на дахах збільшилась у 16 разів порівняно з 2008 р. Також країна активно використовує малу генерацію з ВДЕ у військовій галузі для скорочення витрат часу на заправку палива в умовах бойових дій, забезпечуючи більш безпечні умови для військовослужбовців. Як піхота, так і морські піхотинці використовують такі технології, як сонячні батареї та рюкзаки, що виробляють електроенергію.

Чинниками розвитку відновлюваної енергетики (ВДЕ) та розподіленої генерації є:

- постійне зниження вартості технологій ВДЕ з їх розвитком і вдосконаленням;
- наявність спрощеної процедури отримання дозволів, у тому числі, простий алгоритм реєстрації для об'єктів малої одиничної потужності;
- проблеми забруднення повітря та зміни клімату, спричинені традиційною енергетикою на викопному паливі;

- бажання громадян у багатьох країнах збільшити частку безпечних джерел енергії в енергосистемах своїх країн;
- інноваційні фінансові механізми, що роблять малі енергетичні установки доступними для користувачів (це особливо вплинуло на розвиток розподіленої генерації у США);
- дозвіл на самостійне споживання відновлюваних джерел енергії та децентралізоване акумулювання;
- впровадження інтелектуального обліку електроенергії (Smart Metering) і фасилітація участі споживачів у гуртовому ринку;
- уникнення дискримінаційних витрат для проектів, орієнтованих на самозабезпечення;
- відсутність ретроспективних змін для підтримки наявних проектів та гарантування інвестиційної безпеки.

Переваги розподіленої генерації – світові тенденції

Дослідники з університету Кембріджу визначили такі переваги розподілених систем генерації енергії:

- зменшення втрат електроенергії – чим більша відстань від місця виробництва електроенергії до споживача, тим більші втрати електроенергії при передачі через мережі;
- швидке будівництво систем порівняно із традиційними централізованими станціями – планування, отримання дозволів і будівництво великих електростанцій займає багато років. Натомість малі системи генерації можна будувати набагато швидше, і сукупно вони можуть вирішити питання з дефіцитами генеруючих потужностей у значно коротші терміни;
- забезпечення додаткових сервісів (балансування, реактивна енергія) – за умови, що на розподілених системах встановлене устаткування, що дозволяє оператору мережі керувати виробництвом таких установок віддалено;
- підвищення безпеки енергопостачання – зменшиться залежність від імпорту викопного й ядерного палива, більше електроенергії буде вироблятися всередині країни з використанням локальних джерел.

Переваги широкого впровадження розподіленої генерації для України

Розвиток розподіленої генерації дасть громадам і громадянам України:

- енергонезалежність;
- підвищення безпеки постачання;
- збільшення інвестицій у власні громади;
- створення локальних робочих місць;
- зниження негативного впливу на здоров'я.

Енергонезалежність - однією з найбільших переваг розподіленої генерації для громадян є можливість самим виробляти електроенергію для власного споживання. Вони будуть набагато менше залежати від застарілих неефективних енергосистем, які, особливо у сільській місцевості, часто виходять з ладу. Продаючи залишок електроенергії, виробленої власною енергетичною установкою, користувачі матимуть змогу отримати прибуток за «зеленим тарифом». Зелений тариф для приватних сонячних станцій із 1 січня 2016 р. становить 19 євроцентів за кВт/год. Більше 3500 домогосподарств у всій Україні вже встановили у себе сонячні електростанції та користуються «зеленим тарифом». Відомі також випадки використання приватних вітряків і комбінованих станцій для власного забезпечення

у Київській, Тернопільській, Івано-Франківській, Рівненській, Волинській і Луганській областях.

Безпека - значна частина українського енергетичного комплексу вже перевищила свій нормативний термін експлуатації та потребує або заміни, або суттєвих вкладень у модернізацію. Застаріле обладнання трансформаторних підстанцій і елементів ліній електропередавання призводить до аварійності, додаткових технологічних витрат електроенергії на її транспортування та сприяє підвищенню випадків пошкодження обладнання з подальшим відключенням. Як наслідок, перебої та знеструмлення окремих житлових будинків або цілих спальних районів, підприємств і закладів сфери надання послуг. Децентралізоване тепло- й електропостачання може стати вирішенням для населених пунктів, для яких притаманні часті перепади, аварійні й обмежувальні відключення.

Розподілені системи енерговиробництва підвищують надійність всієї мережі за рахунок зменшення вразливості системи. Також суттєвою перевагою децентралізованих установок є зменшення потреби створення додаткових балансуючих потужностей у 2,5 рази. Впровадження нових технологій накопичення та зберігання електричної енергії дає можливість компенсувати дисбаланси та знижує потребу у використанні для регулювання менш економічних резервних потужностей теплових електростанцій в умовах роботи розподіленої генерації з СЕС і ВЕС.

Централізована система виробництва енергії на основі великих електростанцій є вразливою до природних катастроф і антропогенних факторів, таких як часті паводки у гірських регіонах країни та військові дії на Сході, загрози тероризму. Широке впровадження розподілених систем енерговиробництва знижує вразливість всієї мережі, оскільки розподілені системи можуть забезпечувати громади електроенергією навіть після перебоїв на великих електростанціях або пошкодження систем електропередавання.

Нові робочі місця у громадах - відновлювана енергетика створює велику кількість робочих місць. Лише 2017 року більше 500 000 осіб залучено і близько 10 мільйонів робітників загалом працевлаштовано у секторі ВДЕ. Основні галузі: виробництво сонячних батарей (PV), біоенергетика, сонячна теплоенергетика та вітрова енергетика.

Оскільки об'єкти розподіленої генерації базуються на локальних джерелах енергії та встановлюються безпосередньо біля споживача, саме місцеві компанії зазвичай будують і обслуговують такі системи. Ці робочі місця довготривалі й, як показує світова практика, добре оплачуються. Багато видів цієї роботи (напр., монтаж та обслуговування сонячних станцій, збір і транспортування с/г відходів для біостанцій) не потребують професійних навичок, і можуть освоюватися вже під час роботи. Розвиток альтернативних джерел енергії також додатково стимулює й суміжні галузі. Із впровадженням технологій «віртуальних електростанцій» і «розумних мереж» новітні технології даватимуть поштовх розвитку абсолютно нових компаній із проєктування, дизайну, фінансування, сервісу, маркетингу, обслуговування й інших послуг, які можуть забезпечити додаткові висококваліфіковані робочі місця.

Збільшення інвестицій у власні громади

Через кооперативи, ОСББ чи інші форми організації громади, окремі громадяни також можуть ставати співвласниками малих систем енерговиробництва, залучати кредитне фінансування для своїх проєктів.

Енергокооперативи - це юридичні особи, що організовуються громадянами для інвестування у різного виду системи для виробництва електроенергії чи інші види енергозабезпечення для власного споживання членів кооперативу або для продажу продукту діяльності. Саме запровадження юридичного визначення «енергокооперативів», прозорого і швидкого механізму їх реєстрації та надання їм можливості отримувати «зелений тариф» за спрощеною процедурою має дати поштовх до активного розвитку розподіленої генерації у регіонах України. Для фізичних осіб/приватних домогосподарств такі можливості існують вже сьогодні.

Зниження негативного впливу на здоров'я - за даними дослідження групи вчених Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), рівень смертності від забруднення повітря в Україні найвищий у світі і складає 120 смертей на 100 тисяч населення. Основними джерелами забруднення повітря є автомобілі та вугільні електростанції. Малі енергетичні установки на базі ВДЕ (а також великі вітрові і сонячні електростанції) при виробництві електроенергії не вироблятимуть викидів до атмосфери. Вони також дозволяють усунути необхідність виробляти енергію на електростанціях далеко від споживачів. Оскільки в Україні ці електростанції застарілі та забруднюють навколишнє середовище, виведення їх із експлуатації покращить якість повітря у громадах, де ці станції розташовані. Також широке впровадження малих систем генерації зменшить марне витрачання природних ресурсів на виробництво електроенергії, яка зараз через втрати на мережах передачі все одно не доходить до споживачів, однак споживачі дихають викидами, виробленими під час генерації цієї електроенергії.

Що потрібно зробити, щоб запустити активний розвиток розподіленої генерації електроенергії в Україні:

- фінансове заохочення для розвитку малих виробників електроенергії з ВДЕ («зелений тариф» або інші механізми);
- створення законодавчої бази та сприятливих умов для розвитку енергокооперативів;
- гарантування простого підключення до мережі для різних неприбуткових форм об'єднань громадян (кооперативів, ОСББ) і отримання ними «зеленого тарифу» за спрощеною процедурою;
- доступ до пільгового фінансування проектів зі встановлення систем розподіленої генерації для приватних домогосподарств, малого та середнього бізнесу;
- запровадження додаткових стимулюючих програм для фізичних і юридичних осіб, які купують дахові СЕС та інші розподілені потужності відновлюваної енергетики;
- розробка та впровадження державних програм, які б забезпечили системне ефективне інтегрування об'єктів розподіленої генерації до об'єднаної енергомережі країни;
- створення державних програм підтримки для встановлення дахових СЕС та інших розподілених потужностей відновлюваної енергетики на державних установах;
- прозорість процедури під'єднання та низька вартість підключення для домогосподарств, малого та середнього бізнесу.

Тема 7. Інновації в енергетиці

В електричній системі, Накопичення енергії означає відкладення споживання електричної енергії до моменту пізнішого, ніж момент її виробництва, або перетворення електричної енергії у форму енергії (фізичні, інерційні, хімічні, водневі та інші технології), яка може зберігатися, зберігання такої енергії та подальше перетворення такої енергії у електричну електроенергію або використання як іншого носія енергії (відповідно до Директиви (ЄС) Європейського Парламенту та Ради 2019/944 від 5 червня 2019 року про загальні правила для внутрішнього ринку електроенергії, яка вносить зміни до Директиви). СНЕ, по суті, є устаткування, на якому здійснюється накопичення енергії [19].

Системи накопичення енергії (СНЕ, англ. – energy storage) – сукупність установок, пристроїв, обладнання та апаратури, що використовуються для накопичення енергії з метою відкладення споживання електричної енергії до моменту пізнього, ніж момент її виробництва; або перетворення електричної енергії у форму енергії (з використанням фізичних, інерційних, хімічних, водневих та інших технологій) яка може зберігатися, зберігання такої енергії та подальше перетворення такої енергії в електроенергію або використання в якості іншого носія енергії (відповідно до змін до Директиви (ЄС) Європейського Парламенту та Ради 2019/944 від 5 червня 2019 року про загальні правила для внутрішнього ринку електроенергії). СНЕ – це устаткування, у якому здійснюється накопичення енергії.

Ринок ВДЕ так стрімко розвивається, що до 2026 року світові відновлювані потужності зростуть більш ніж на 60% від рівня 2020 року згідно з даними Міжнародної енергетичної агенції. Відновлювана енергетика дозволяє отримувати найдешевшу в історії людства електроенергію, не викидаючи при цьому у повітря парникові гази та токсичні речовини, які призводять до хворіб та підвищення смертності.

Разом із тим, відновлювана енергетика створює ризики порушення балансової надійності енергосистеми, оскільки має нестабільну та непрогнозовану генерацію.

3 липня 2019 року на ринку електроенергії в Україні з'явилась нова складова — ринок допоміжних послуг. Цей інструмент дозволяє в реальному часі регулювати потужність в енергосистемі, підтримувати параметри надійності та якості електроенергії, а також відновлювати роботу енергосистеми у випадку аварії.[22].

Коли баланс виробництва і споживання електроенергії у системі потрібно відновити, «Укренерго» використовує ринок допоміжних послуг, який збільшує або зменшує потужність певних виробників електроенергії на потрібну величину.

Пік виробництва ВДЕ не співпадає з піком споживання, а різкі зміни в потужності призводять до погіршення якості електроенергії, зміни частоти, напруги та формують потребу у резерві потужності. СНЕ вирішують цю проблему. Вони слугують буфером, у якому зберігається надлишок виробленої енергії до того моменту, коли у ньому виникне потреба. Простими словами, системи накопичення виконують функції знайомого кожному Power Bank для телефону, але в більших масштабах.

Ще одна проблема, яку допоможуть вирішити СНЕ – це втрати енергії. Наразі держава втрачає в системі розподілу більше 50% електроенергії. У країнах Європейського Союзу цей показник значно нижчий завдяки, зокрема, ефективній роботі СНЕ [22].

Для приватних домогосподарств та промислових підприємств СНЕ існують і зараз. Власники сонячних електростанцій, підприємств часто купують акумулятори,

щоб зберігати надлишки виробленої енергії та бути незалежними від перебоїв у мережі. Також СНЕ були запроваджені в енергетиці в якості постачальника послуг по забезпеченню резервів потужності для системного оператора.

За допомогою систем накопичення відбувається більш легка інтеграція енергооб'єктів «зеленої» генерації в енергосистему України та забезпечується надійність виконання планового графіку видачі потужності в мережу, – вказано у пояснювальній записці до законопроекту. Впровадження цього механізму в Україні позитивно вплине на баланс в енергосистемі та розвиток розподіленої генерації, що дасть поштовх інтеграції до європейської енергетичної системи.

Прибутковіше буде мати власну генерацію із впровадженням систем накопичення, які дозволять більше використовувати потенціал станцій.

Важливо, що вартість самих систем накопичення стрімко зменшується. За останні три десятиріччя вони стали дешевшими на 97%.

Прийняття закону про системи накопичення створить можливості для інтеграції нових потужностей ВДЕ. Сьогодні бізнеси здебільшого обирають сонячні електростанції невеликої потужності, яка обмежена рівнем споживання підприємства. Можливість накопичувати надлишки виробленої енергії зробить вигідними і масштабніші проекти, що стане гарним стимулом для ринку і додатковою вигодою для власників станцій.

Наразі, існують різноманітні технології СНЕ, зокрема:

1. твердотільні акумулятори – ряд електрохімічних накопичувачів, у тому числі сучасні хімічні акумулятори та конденсатори;
2. проточні акумулятори – акумулятори, в яких енергія накопичується безпосередньо в розчині електроліту для збільшення терміну служби і миттєвого спрацювання;
3. маховики – механічні пристрої, що використовують енергію обертання для миттєвої подачі електричного струму;
4. система зберігання енергії на основі стисненого повітря;
5. сховище теплової енергії – акумулювання тепла і холоду для створення енергії на вимогу та її виділення в зручний для споживачів час;
6. насосна гідроакумулювальна електростанція – створення та зберігання енергії з використанням двох резервуарів із водою, розташованих на різних висотах;
7. гравітаційні накопичувачі енергії – пристрої, які генерують електрику, випускаючи у разі потреби важкий вантаж із певної висоти;
8. системи зберігання енергії на основі перетворення енергії на газ (водень, біометан, синтез-газ тощо) [19].

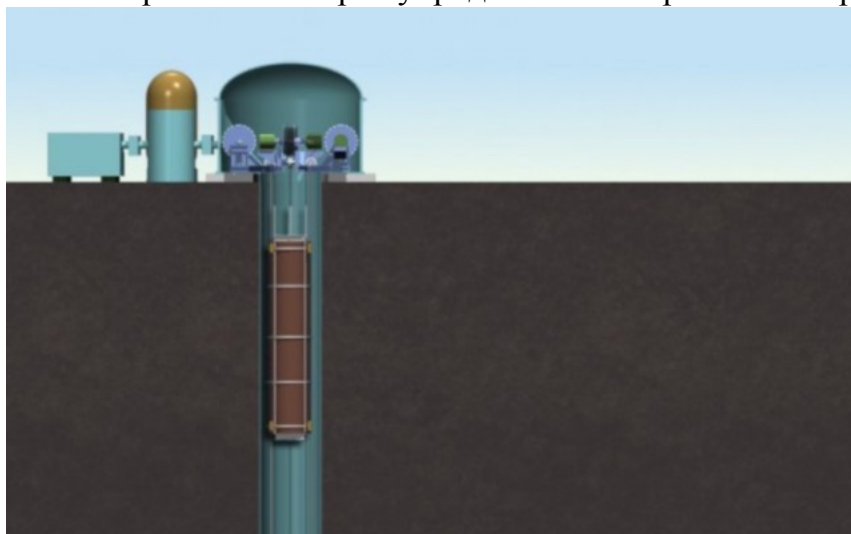
Нова гравітаційна система накопичення енергії у Великобританії

Шотландський стартап Gravitricity оголосив про початок пілотного проекту гравітаційного накопичувача енергії на промисловому майданчику в порту Літ (Единбург), найбільшому закритому глибоководному порту Шотландії.

Демонстраційний прототип потужністю 250 кВт буде використовувати два 25-тонних вантажа, підвішених на 16-метровій вежі на сталевих тросах. Вартість проекту складає 1 млн фунтів стерлінгів, будівництво має розпочатися в жовтні.

Двомісячна програма випробувань повинна підтвердити модельні розрахунки і створити основу для першого повномасштабного проекту компанії потужністю 4 МВт, який збираються почати в 2021 році. Тестова програма випробувань включатиме початковий тест для перевірки швидкості відгуку, причому обидві ваги

будуть скинуті разом для генерації повної потужності. Потім будуть проведені інші тести з двома однаковими вагами, які будуть падати одна за іншою – щоб «перевірити плавне вироблення енергії упродовж більш тривалого періоду [21].



Система накопичення енергії (СНЕ) Gravitricity промислового масштабу встановлюється над 150-1500-метровою шахтою. Електроенергія використовується для підняття вантажу (накопичення) і виробляється при його опусканні в шахту.

Маса вантажів в промисловій системі Gravitricity, за даними компанії, може варіюватися від 500 до 5000 тонн. Gravitricity заявляє, що його система може витримувати до 12 000 тонн при використанні в шахтних стволах.

Компанія заявляє час відгуку – з нуля до повної потужності – менше однієї секунди.

Термін служби: 50 років без втрати продуктивності.[19-21].

Накопичення гравітаційної потенціальної енергії твердих мас – одна з перспективних технологій зберігання енергії, яка тестується в різних країнах, але поки не реалізована в промислових обсягах (гідроакumuлювальні електростанції ГАЕС є найближчим аналогом гравітаційних СНЕ, проте в ГАЕС надлишкова генерувальна потужність використовується не для підняття твердих мас, а для перекачування води з нижнього резервуара у верхній).

Раніше повідомлялося, що швейцарська компанія Energy Vault збирається поставити гравітаційну систему потужністю 4 МВт і ємністю 35 МВт*год у вигляді вежі висотою з 35-поверховий будинок для індійської енергетичної компанії Tata Power [21-23].

Технології зберігання енергії

Сьогодні на ринку систем зберігання енергії найбільш поширена літій-іонна технологія. Наприклад, в 2015 році в 95% випадків застосовувалися літій-іонні акумулятори. Вони також широко використовуються на споживчому ринку і на ринку автомобілів, де встановлюються в гібридних або повністю електричних транспортних засобах. Ціни на літій-іонні батареї знижуються, їх безпека підвищується, вони добре себе показують як у системах, де потрібна велика кількість енергії протягом короткого періоду (силові установки), так і в системах, які вимагають меншу кількість енергії протягом більш тривалого періоду. Таким чином літій-іонні акумулятори підходять для зберігання енергії будь-яким споживачам — від великих комунальних підприємств, що займаються передачею і розподілом енергії до індивідуальних комерційних і житлових об'єктів.

Однак корисність літій-іонної технології необхідно додатково обумовлювати. По-перше, дуже важливо, щоб експлуатаційні характеристики різних типів літій-іонних батарей відповідали поставленим завданням. Наприклад: для великих електростанцій одна модель акумулятора може бути на 80% ефективніше, ніж інша, через здатність АКБ швидко заряджатися і розряджатися. По-друге, в деяких окремих випадках інші технології можуть працювати краще. Зокрема: для управління системою заряду і зберігання енергії в житлових системах свинцево-кислотні батареї можуть виявитися більш ефективними. А для великомасштабних електростанцій лужні батареї є більш економічними, але тільки для коротких періодів заряджання та розряджання (швидше однієї години) [19-23].

Основні характеристики систем зберігання енергії

Однією з головних характеристик для будь-яких систем зберігання енергії є корисна ємність. Цей параметр системи накопичення енергії залежить від номінальної потужності, допустимої глибини розряду і зменшення ємності акумулятора з плином часу. Наприклад, Adara Power пропонує систему зберігання енергії для домогосподарств номінальною потужністю акумулятора 8,6 кВт·ч. При цьому, заявлена максимально допустима глибина розряду для цієї системи складає 75%. Отже, корисна ємність акумуляторів Adara становить 6,45 кВт·ч. У той же час прямий конкурент — Tesla — випускає системи зберігання енергії Powerwall, які мають допустиму глибину розряду в 100%. Для них корисна ємність буде дорівнювати номінальній (7 або 10 кВт·ч).

Проте, номінальна ємність акумулятора заявлена тільки на перший день їх роботи. З плином часу корисна ємність буде повільно зменшуватися через зношування. Кількість циклів, на яку розрахована система, це характеристика довговічності акумулятора. Термін служби батареї сильно залежить від характеру використання. Наприклад, виробник може оцінити термін життя однієї і тієї ж батареї в 4000 циклів при глибині розряду в 70% або в 3000 циклів при глибині розряду 85%. Клієнти повинні мати доступ до таких даних, однак на практиці ці дані практично неможливо знайти.

Моделі для систем зберігання енергії

Існує кілька економічних сценаріїв для власників систем зберігання енергії:

Автономна домашня електростанція. В цьому випадку ви використовуєте вашу систему зберігання енергії, щоб зберігати вироблену енергію для своїх потреб і зробити ваш будинок енергонезалежним. Надлишок енергії, що генерується протягом дня, зберігається в системі акумуляторів для споживання в нічний час. Однак для таких систем необхідний додатковий контроль кількості виробленої енергії, також бажано мати резервне джерело живлення. По суті, така система зберігання енергії повинна розраховувати споживання енергії домогосподарством в режимі реального часу для оптимізації виробництва електроенергії. Крім того, система повинна скорочувати генерацію, коли кількість виробленої енергії перевищує обсяг системи зберігання. Такий варіант розміщення є вигідним при бажанні клієнта стати повністю незалежним або в регіонах з високою вартістю електроенергії.

Резервна домашня електростанція. Цей варіант енергосистеми буде цікавий для домогосподарств, розташованих в регіонах, що мають проблеми з поставками енергії. Електростанція виробляє електрику тільки до повного заповнення системи зберігання, після чого вимикається. В результаті на момент відключення живлення

ви маєте завжди повністю заряджену систему акумуляторів, а також можете при необхідності виробляти електроенергію самостійно. В такому випадку вам необхідно розрахувати кількість енергії, необхідну для забезпечення будинку в періоди відключення електрики і встановити відповідні розміри системи зберігання енергії.

Мережева домашня електростанція. В такому випадку ви переслідуєте мету продавати вироблювану енергію вище ціни, по якій ви купуєте її у держави. В умовах України таке рішення є досить вигідним, оскільки держава зобов'язана викупляти у вас електроенергію за «зеленим» тарифом, який прив'язаний до вартості євро. Щоб продавати енергію напямую, вам не знадобиться встановлювати систему зберігання енергії, що дозволяє значно заощадити.

Системи накопичення енергії: побутові та промислові зразки, існуючі і перспективні розробки

Технологія Powerwall and Powerpack

Tesla поступово стає одним зі світових лідерів в області створення систем зберігання енергії. На сьогоднішній день Tesla просуває на ринку два різновиди таких систем: Powerwall та Powerpack. Перша може використовуватися в житлових і невеликих офісних приміщеннях, друга — для роботи на підприємствах, вона здатна працювати з великими потужностями і для великої кількості споживачів.

«Домашня» Powerwall має кілька різновидів — 7 кВт (вартість 3 тис. доларів), 10 кВт (вартість 3,5 тис. доларів) і 14 кВт (вартість 5,5 тис. доларів, ємності такого акумулятора вистачить на добу для енергозабезпечення будинку з двома спальнями). Окремо доведеться сплатити близько 1500 — 1600 доларів за установку, інвертори та інші витратні матеріали. Габаритні розміри становлять близько метра в ширину і довжину, товщина — близько 18 см, вага — 100 кг. Підзарядка акумулятора можлива як від вітрогенератора або сонячної батареї, так і від побутової мережі. Powerwall може бути встановлена всередині або зовні будинку, допустима температура експлуатації — від -20 до +43 градусів. Гарантія від виробника — 10 років.

Потужність промислової Powerpack становить 100 кВт, але її конструкція дозволяє легко об'єднувати окремі елементи в великі системи потужністю до 100 МВт, що вистачить для енергозабезпечення великого промислового об'єкта. Приблизна вартість складе 250 доларів за 1 кВт [19-23].

Технологія ZCell

Коли австралійська компанія Redflow заявила про початок продажів домашніх потужних акумуляторних батарей з рідким електролітом, багато фахівців не сприйняли цю інформацію серйозно. Втім, перші зразки, що надійшли в продаж в березні 2016 року отримали позитивні відгуки. Поки компанія Redflow орієнтується на внутрішній австралійський ринок користувачів сонячної енергії.

Постійне зниження «зеленого» тарифу на тлі зростаючих цін на енергоносії роблять батареї з рідким електролітом ZCell все більш привабливими для домашнього господарства. Розроблена австралійськими інженерами система збереження енергії заснована на цинк-бромній акумуляторній батареї ємністю 10 кВт. Накопичуючи енергію від сонячних батарей, вона віддає її в моменти пікового навантаження, а так само у вечірньо-нічний час.

Серед **переваг** можна відзначити:

- ✓ максимально допустима глибина розряду становить 100%, при цьому розробники стверджують, що повний розряд ніяк не позначається на ємності батареї і її експлуатаційних характеристиках;
- ✓ батарея може перебувати розрядженою дуже тривалий час, це ніяк не позначиться на її характеристиках;
- ✓ ємність батареї практично не змінюється з часом — гарантія на акумулятор 10 років;
- ✓ в батарею вбудована власна система електрозахисту, крім того, існуючий інтерфейс дозволяє контролювати і управляти роботою системи дистанційно, використовуючи Інтернет;
- ✓ простота встановлення — система поставляється у вигляді моноблока, який просто необхідно поставити всередині або зовні будинку і підключити до мережі;
- ✓ екологічна безпека — все елементи акумулятора підлягають вторинній переробці;
- ✓ за своїми габаритами — це найменша масово випускається батарея з рідким електролітом.

Основні проблеми, на думку фахівців, пов'язані саме з цинк-бромним акумулятором, який дуже ефективний при тривалих циклах накопичення і зберігання енергії, але при цьому не дуже виправданий при коротких циклах заряд-розряд. Крім того, більшість користувачів звикли орієнтуватися на літій-іонні акумулятори, що робить подальшу комерціалізацію ZCell досить проблематичною, особливо за межами Австралії.

Технологія Sonnen Community

Компанія Sonnen — безсумнівний лідер німецького ринку побутових систем зберігання енергії, на сьогоднішній день компанія реалізувала більше 10 тисяч домашніх систем. Sonnen представляє акумуляторні батареї ємністю від 2 до 16 кВт-год, термін служби — не менше 10 тисяч циклів зарядки/розрядки при максимально допустимій глибині розряду близько 80%. Останнім часом компанія виступає не тільки як виробник обладнання, але й позиціонує себе як постачальник послуг на ринку електроенергетики.

У листопаді 2015 року компанія запустила в Німеччині амбітний проект. Платформа SonnenCommunity — це можливість створити віртуальний пул з власників сонячних систем і електричних батарей. Надлишки електроенергії, отриманої сонячними батареями і не використані в побуті, можуть бути розподілені серед учасників віртуальної мережі, наприклад, можуть бути спрямовані на підзарядку акумуляторної системи в іншого власника, а пізніше — реалізовані на оптовому ринку. З огляду на різке падіння цін на «зелену» електроенергію, це дозволить її виробникам продавати її в реальному часі в момент, коли ціни будуть найбільш сприятливими. До платформи може підключитися будь-який користувач, який придбав обладнання компанії. Sonnen також використовує нове програмне забезпечення, яке може візуалізувати агреговане зберігання в режимі реального часу.

Фахівці розглядають Sonnen як найбільш реального конкурента Tesla — компанія вже продала близько тисячі систем для домашніх сонячних електростанцій. Правда, вартість зберігання енергії в системах Tesla нижче, але в

Sonnen наполягають на своїй перевазі по терміну служби і кількості циклів заряд/розряд.

Технологія Smart Towns

В Японії, де щорічно зводиться близько 1 мільйона нових будинків, з 2020 року обов'язковим стане стандарт Zero Energy Homes (ZEH). Panasonic і інші японські фірми, прямі конкуренти «Гігафабріки» Tesla, вже багато років продають місцевим клієнтам готові рішення для домашніх сонячних електростанцій, в яких система зберігання електроенергії поки пропонується як додаткова опція.

Компанія Panasonic реалізує власну програму «розумного» міста, розташованого біля Йокогами. Передбачається, що в межах цього міста всі домашні сонячні електростанції і системи накопичення енергії будуть об'єднані в єдину мережу. Це дозволить не тільки забезпечити енергонезалежність міста, а й в перспективі — вийти на японський оптовий ринок продажу електроенергії.

Panasonic — один з найбільших в світі виробників потужних накопичувальних батарей, великі обсяги виробництва дозволяють компанії реалізовувати продукцію за дуже конкурентною ціною. Smart Towns — молодий, але амбітний проект, в якому Panasonic постарається реалізувати нові підходи в накопиченні і розподілі електричної енергії. При цьому компанія буде спиратися на досвід, набутий недавно в Канаді, де Panasonic реалізувала великий проект «сонячні батареї + акумулятор». Крім того, компанія реалізує кілька проектів по створенню систем зберігання електрики для житлових будинків в Австралії, хоча і зіткнулася там з сильною конкуренцією.

Технологія сірчано-натрієвих батарей

Японська компанія NGK Insulators однією з перших вийшла на світовий ринок систем накопичення та зберігання електрики з технологією сірчано-натрієвих батарей з рідким електролітом. На сьогоднішній день сумарна потужність акумуляторів, встановлених по всій земній кулі NGK Insulators, становить близько 3 ГВт, в тому числі на основі акумуляторів саме цього типу в Японії створена найбільша в світі мережа накопичувальних батарей. В період з 2007 по 2010 рік на компанію припадало 66% ринку акумуляторів для довготривалого зберігання електрики. Завдяки особливості технології, сірчано-натрієві батареї мають великий термін експлуатації, але при цьому пожежонебезпечні через високу робочу температуру.

Незважаючи на те, що літій-іонні батареї більше підходять для створення масштабних систем зберігання електрики, ніж акумулятори з рідким електролітом, останні ще досить довго будуть зберігати свої позиції в якості альтернативної технології для довготривалого накопичення електроенергії. Наприклад, зовсім недавно компанія виграла тендер на будівництво великої системи акумуляування енергії (35 МВт — 280 МВт) в Італії.

Технологія Aqueous Hybrid Ion battery

Розроблений Aquion гібридний іонний акумулятор, який використовує натрій-іонний водний розчин (на основі морської води), повинен стати найбільш екологічно безпечною і чистою батареєю на ринку. Серед інших акумуляторів з рідким електролітом, технологія Aquion орієнтована, перш за все, на тривале зберігання електроенергії.

Компанія успішно забезпечила фінансування проекту на ранніх стадіях розробки технології. За розрахунками інженерів компанії, після початку масового виробництва гібридних акумуляторів, їх вартість повинна скласти близько 160

доларів за 1 кВт / год. Але судити про те, наскільки реально ця заява — поки рано. На сьогоднішній день компанії залучила майже 200 мільйонів доларів інвестицій, але при цьому вдалося реалізувати всього кілька комерційних проектів на основі гібридних акумуляторів. При цьому, всі вони були виконані на ринках, де вартість електроенергії дуже висока, наприклад, в Пуерто-Ріко. Щоб технологія Aqueous Hybrid Ion battery отримала хороші комерційні перспективи, компанії-розробнику варто дуже серйозно попрацювати над скороченням витрат.

Висновки:

➤ По-перше, системи зберігання енергії вже мають економічний потенціал при виконанні деяких умов. Про це часто забувають, не враховуючи державні дотації для проектів зі зберігання енергії і економічні втрати від перебоїв в подачі електроенергії.

➤ По-друге, при проектуванні системи зберігання енергії необхідно вирішити яка технологія (літій-іонна, свинцево-кислотна, лужна або інша) більше підійде для досягнення ваших цілей. Стратегія з використанням декількох технологій буде коштувати дорожче, але і дозволить вашій системі бути більш гнучкою.

➤ Нарешті, найбільш важливий висновок полягає в наступному: розвиток ринку систем зберігання енергії може перевернути існуючу модель енергетичного забезпечення світу. Сьогодні нетрадиційна енергетика використовується в основному для задоволення миттєвої потреби в енергії. Системи ж зберігання енергії допомагають згладжувати різницю між періодами генерації енергії і навантаження на мережу. Згодом, відновлювані джерела енергії будуть все більше і більше замінювати звичні вугілля і газ.

Через мінливість виробництва електроенергії вітрогенераторами або сонячними панелями системи зберігання енергії стали важливим атрибутом систем енергозабезпечення.

Накопичена за день електроенергія подається в мережу ввечері або в пікові моменти споживання, коли енергії, що генерується сонячною електростанцією виявляється недостатньо для потреб споживача. При цьому слід розуміти, що система накопичення і зберігання енергії — це не просто акумулятор, провідні світові компанії вкладають в це поняття дещо інший сенс. Вони пропонують споживачеві комплексне рішення, яке включає в себе як власне акумулятори (накопичувачі), так і програмні рішення, які забезпечують контроль за станом накопичувачів і оптимальним розподілом навантаження.

Тема 8. Штучний інтелект і Big Data в міжнародній енергетиці

Світова енергетика переживає одну з найбільших трансформацій за останні десятиліття. Поряд із переходом до кліматично нейтральної економіки активно відбувається цифровізація енергетичних систем. Сучасні електричні мережі вже не є лише сукупністю ліній електропередачі, трансформаторних підстанцій і електростанцій. Вони поступово перетворюються на складні цифрові системи, які здатні збирати, аналізувати та обробляти величезні обсяги інформації в режимі реального часу.

У центрі цієї трансформації знаходяться дві ключові технології — штучний інтелект (Artificial Intelligence, AI) та Big Data. Їх застосування дозволяє прогнозувати електричні навантаження, оптимізувати режими роботи енергосистем, інтегрувати відновлювані джерела енергії, зменшувати втрати електроенергії та підвищувати надійність електропостачання.

Для магістрів спеціальності 141 знання технологій AI та Big Data є важливою складовою сучасної професійної підготовки, адже міжнародні енергетичні проєкти Європейського Союзу дедалі більше використовують цифрові рішення для розвитку інтелектуальної енергетики.

1. Цифрова трансформація світової енергетики

1.1. Поняття цифрової трансформації енергетики





Цифрова трансформація енергетики — це процес впровадження цифрових технологій у всі етапи виробництва, передачі, розподілу та споживання електричної енергії.

Традиційна модель енергосистеми базувалася на централізованому виробництві електроенергії та односторонньому потоці енергії від електростанції до споживача. Сучасна модель передбачає двосторонній обмін як електроенергією, так і інформацією між усіма елементами системи.

Основні ознаки цифрової енергетики

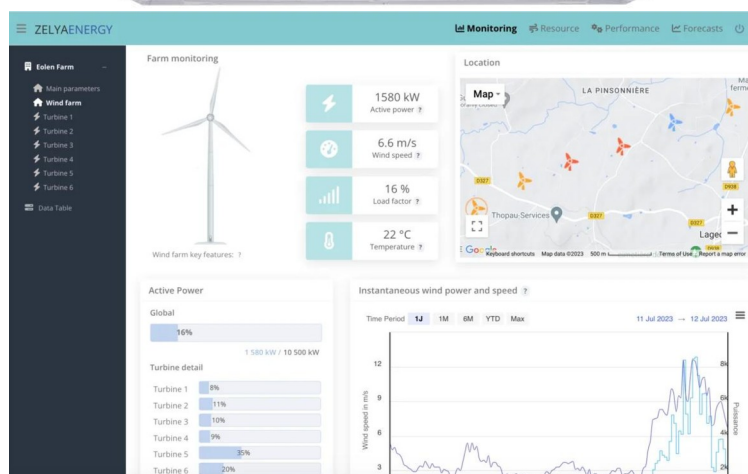
Традиційна енергетика	Цифрова енергетика
Централізоване виробництво.	Розподілена генерація.
Односторонній потік енергії.	Двосторонній обмін енергією та даними.
Обмежений моніторинг.	Моніторинг у реальному часі.
Ручне керування.	Автоматизоване та інтелектуальне керування.
Періодичний збір показників.	Безперервний потік великих даних.

Цифровізація створює основу для використання AI і Big Data в управлінні електроенергетичними системами.

1.2. Глобальні тенденції цифровізації енергетики

Світові енергетичні компанії активно впроваджують цифрові рішення для підвищення ефективності енергосистем.

Основні світові тенденції





- ✓ розвиток інтелектуальних електричних мереж (Smart Grid);
- ✓ цифрові підстанції;
- ✓ автоматизовані системи диспетчерського керування;
- ✓ використання цифрових двійників (Digital Twins);
- ✓ штучний інтелект для аналізу режимів електроспоживання;
- ✓ великі дані для прогнозування попиту та генерації;
- ✓ кібербезпека енергетичної інфраструктури.

Цифрова трансформація підтримується міжнародними програмами ЄС, які фінансують розвиток інтелектуальної енергетики та цифрової інфраструктури.

2. Штучний інтелект у сучасній енергетиці

2.1. Поняття штучного інтелекту





Штучний інтелект - це сукупність методів і технологій, які дозволяють комп'ютерним системам виконувати завдання, що традиційно потребують людського інтелекту.

До таких завдань належать:

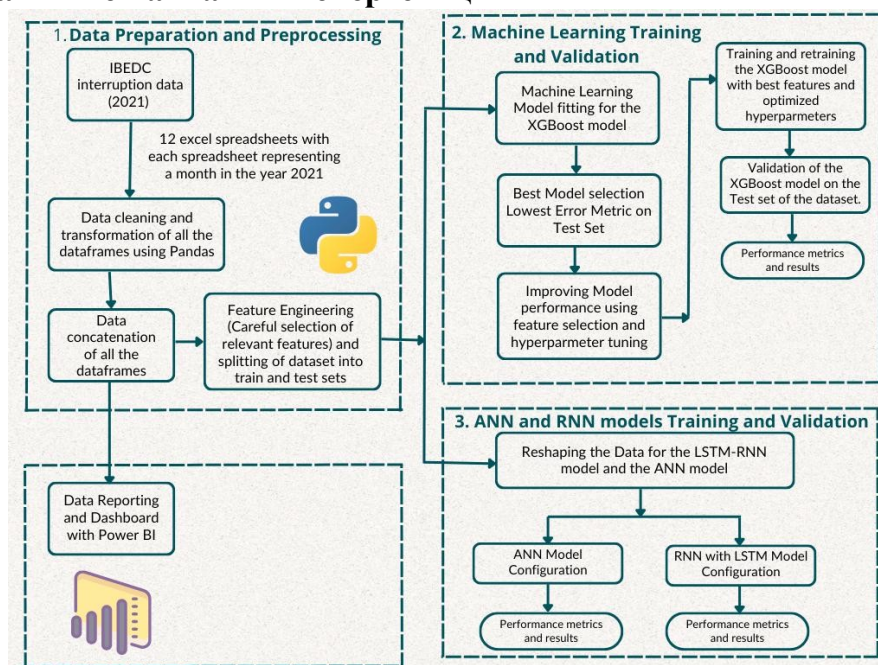
- аналіз інформації;
- прогнозування;
- розпізнавання закономірностей;
- прийняття рішень;
- автоматичне навчання.

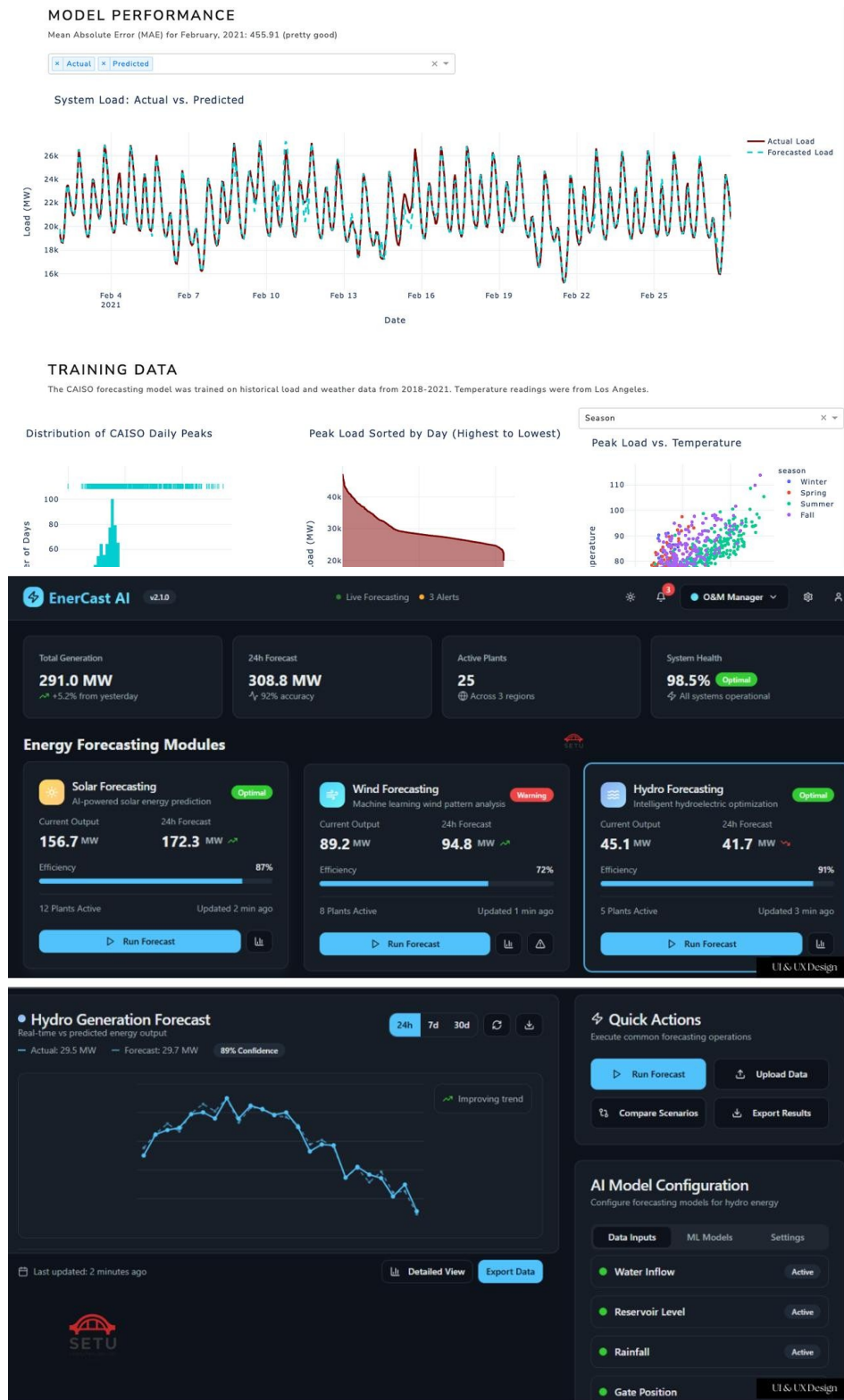
В енергетиці AI використовується для підтримки диспетчерських рішень, оптимізації режимів роботи мереж та прогнозування роботи енергосистем.

2.2. Основні напрями AI в електроенергетиці

Напрямок	Приклади застосування
Прогнозування навантаження	Добові та погодинні графіки електроспоживання.
Прогнозування генерації ВДЕ	Сонячні та вітрові електростанції.
Оптимізація мереж	Режими роботи електричних мереж.
Діагностика обладнання	Трансформатори, кабелі, вимикачі.
Виявлення аварій	Аналіз аномалій у режимі реального часу.
Управління попитом	Demand Response.

2.3. Машинне навчання в енергетиці





6

Машинне навчання є одним із найбільш поширених напрямів штучного інтелекту.

Основні типи машинного навчання:

Тип навчання	Використання в енергетиці
Навчання з учителем	Прогнозування навантаження, генерації.
Навчання без учителя	Пошук аномалій у роботі обладнання.
Підкріплювальне навчання	Оптимальне керування енергосистемами.

Алгоритми машинного навчання навчаються на історичних даних та поступово покращують точність прогнозування.

3. Big Data в міжнародній енергетиці

3.1. Що таке Big Data?



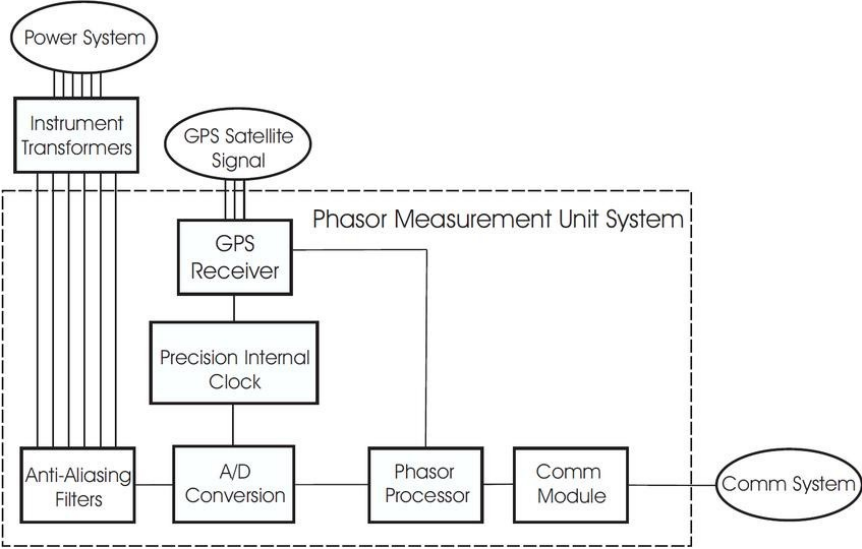
Big Data — це великі масиви різноманітних даних, які характеризуються великим обсягом, високою швидкістю надходження та різноманітністю джерел.

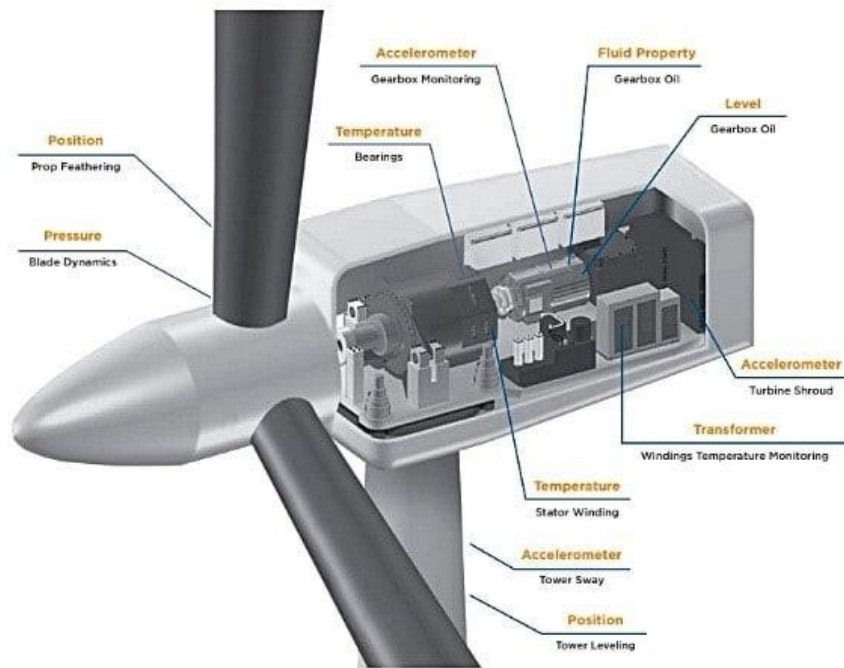
Основні характеристики Big Data (5V)

Характеристика	Зміст
Volume	Великий обсяг даних.
Velocity	Висока швидкість надходження.

Variety	Різноманітність форматів.
Veracity	Достовірність інформації.
Value	Практична цінність даних.

3.2. Джерела великих даних в енергетиці





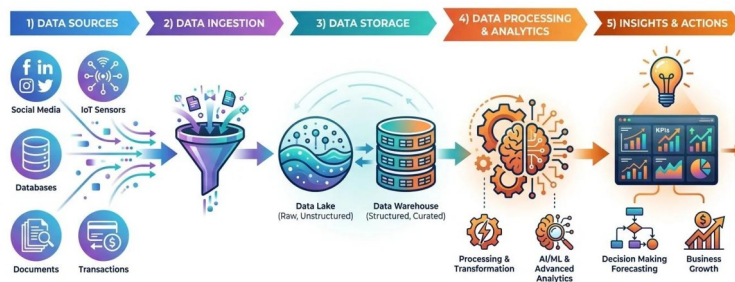
Основними джерелами даних є:

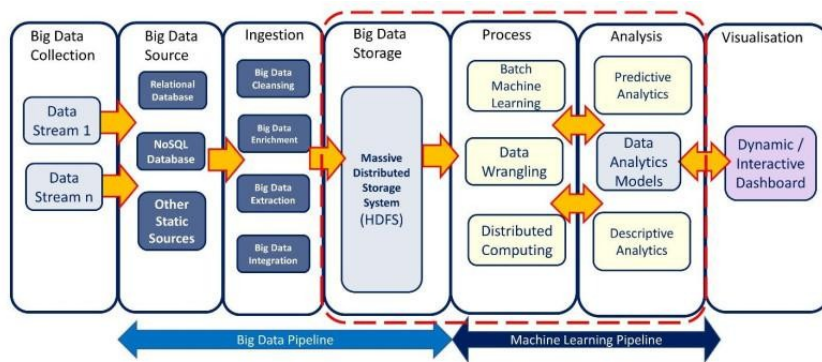
- інтелектуальні лічильники (Smart Meter);
- датчики IoT;
- цифрові підстанції;
- системи SCADA;
- PMU (Phasor Measurement Units);
- супутникові та метеорологічні дані;
- ринки електроенергії;
- мобільні пристрої споживачів.

Щоденно сучасні енергетичні компанії отримують терабайти інформації про режими роботи мереж.

3.3. Життєвий цикл Big Data

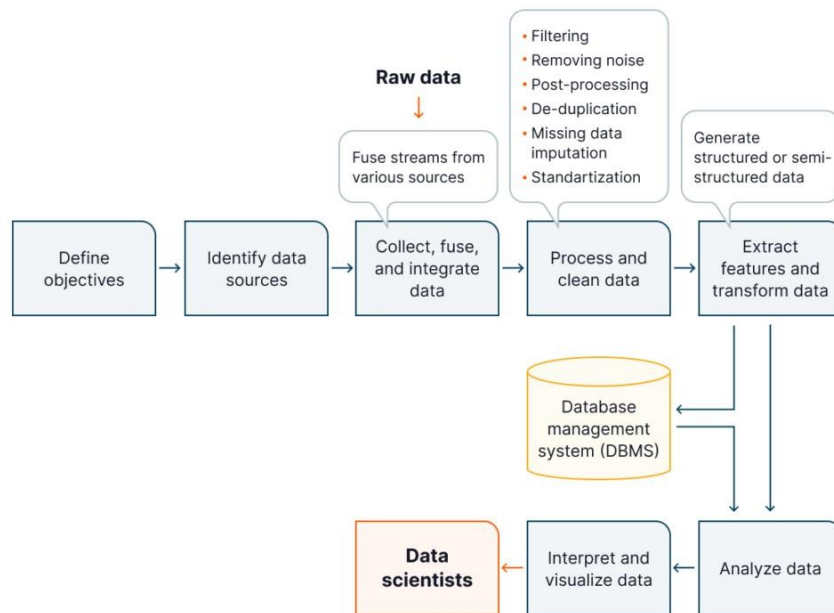
BIG DATA PROCESSING PIPELINE From Raw Data to Actionable Insights





intelliarts

Big data collection flow



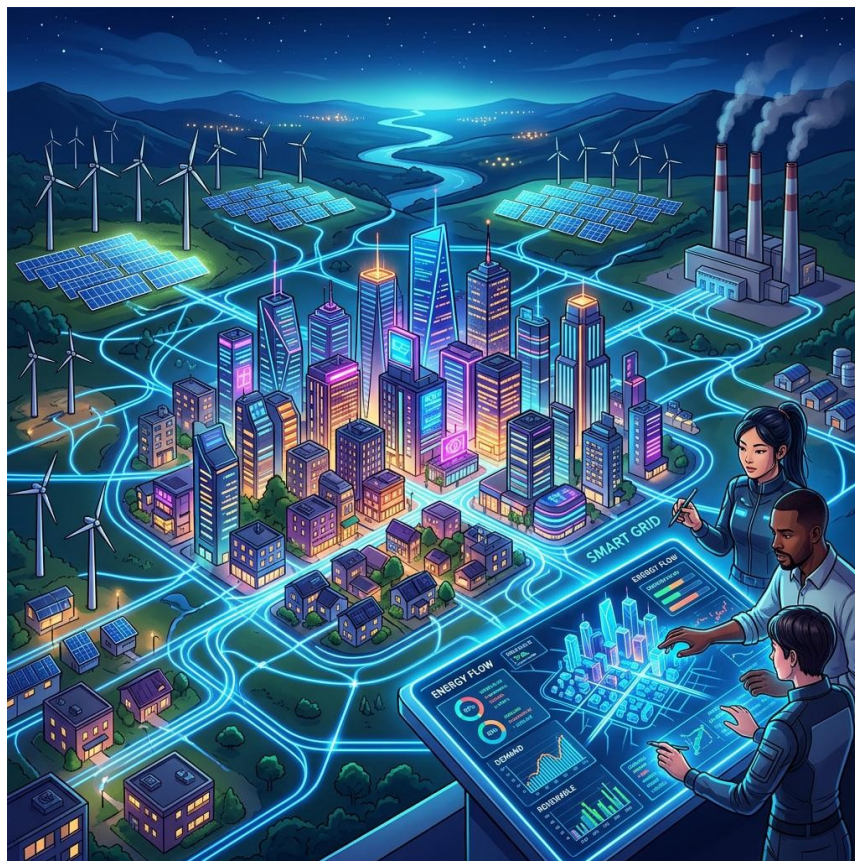
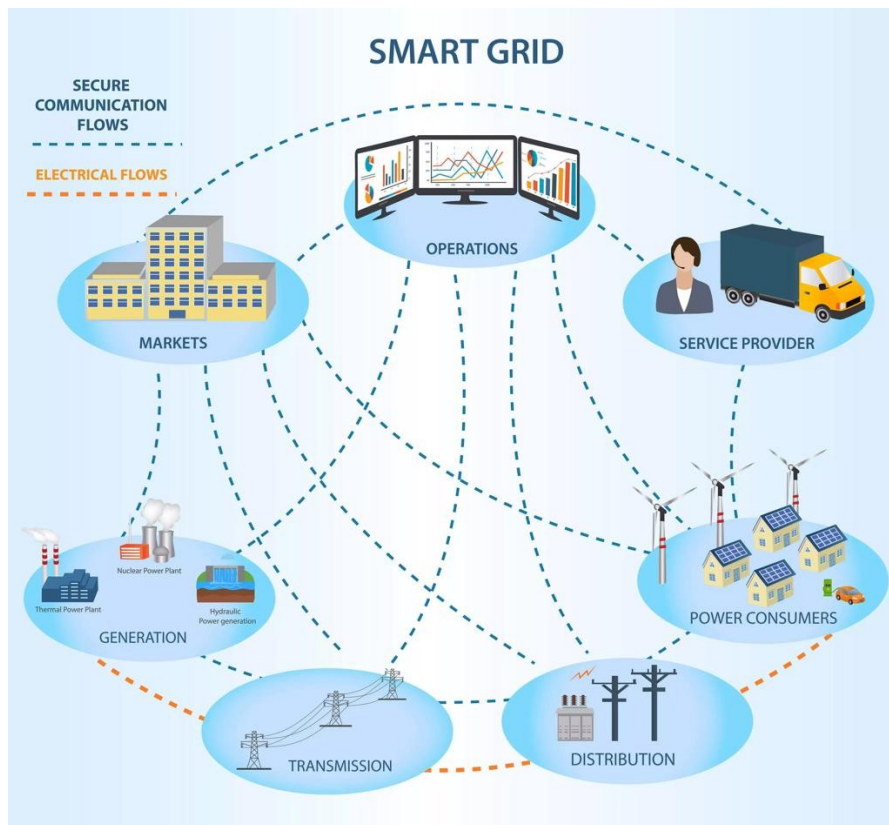
Основні етапи роботи з великими даними:

1. збір інформації;
2. передавання даних;
3. очищення даних;
4. зберігання;
5. аналіз;
6. візуалізація;
7. прийняття рішень.

Саме AI використовує Big Data для побудови моделей прогнозування.

4. Smart Grid та цифрові електричні мережі

4.1. Поняття Smart Grid

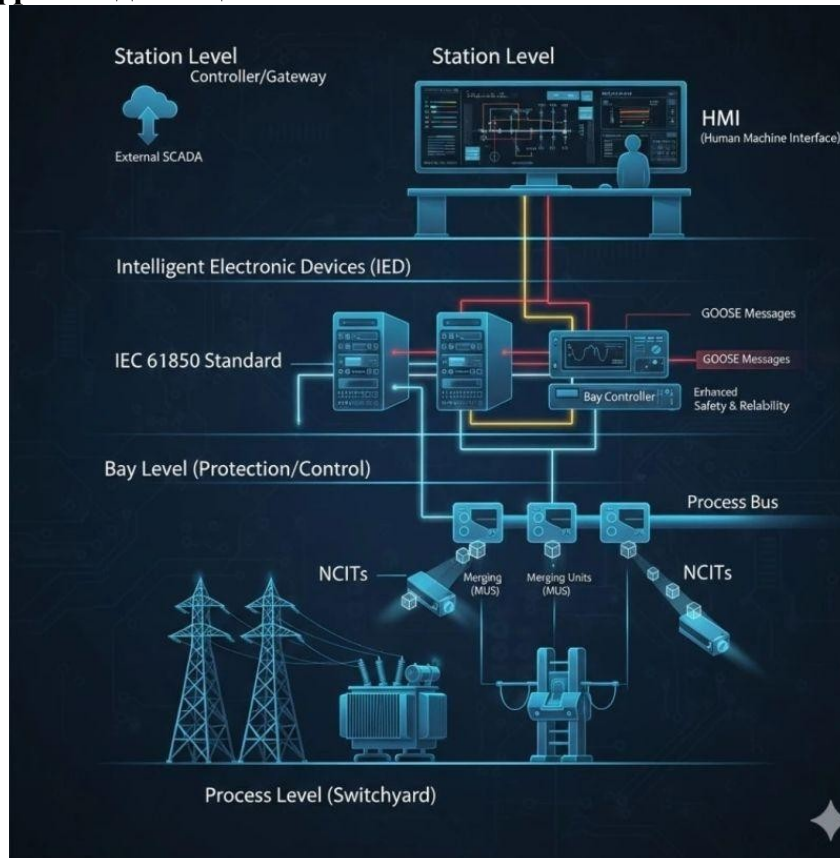


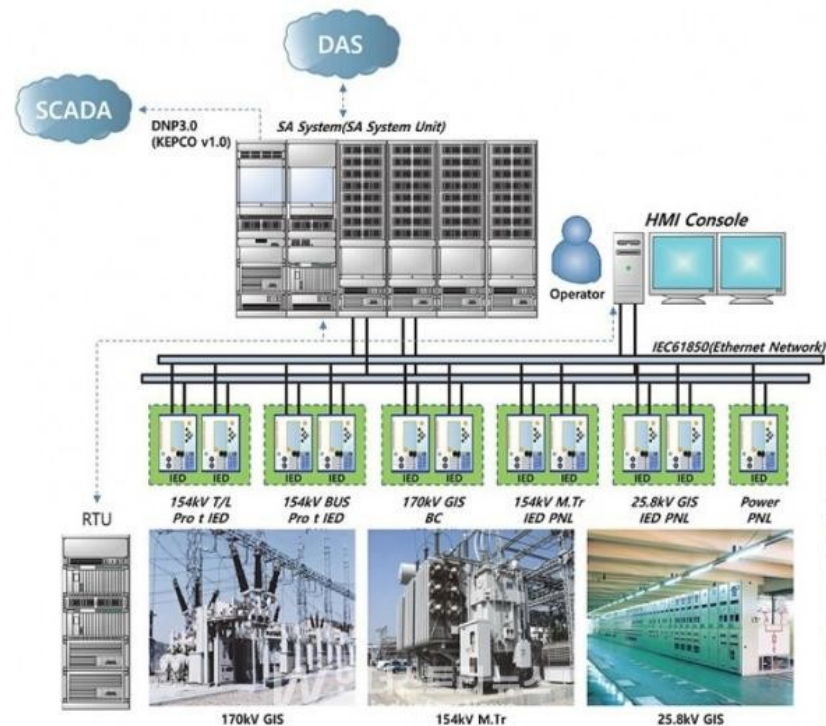
Smart Grid — це інтелектуальна електрична мережа, яка забезпечує автоматичний обмін інформацією між усіма елементами енергосистеми.

Основні компоненти Smart Grid

Компонент	Призначення
Smart Meter	Інтелектуальний облік електроенергії.
SCADA	Диспетчерське керування.
IoT-сенсори	Моніторинг обладнання.
PMU	Вимірювання параметрів мережі у реальному часі.
EMS/DMS	Керування енергосистемою та розподільними мережами.

4.2. Цифрові підстанції





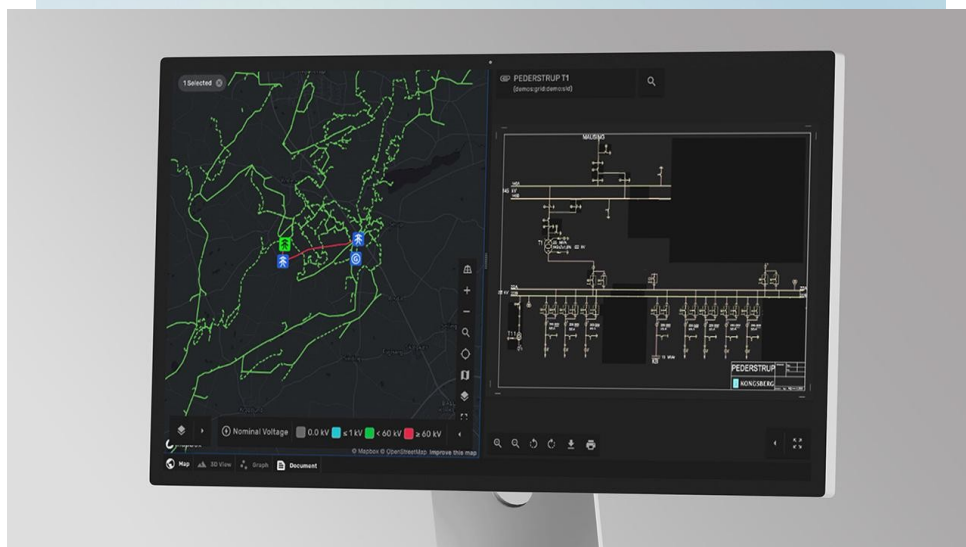
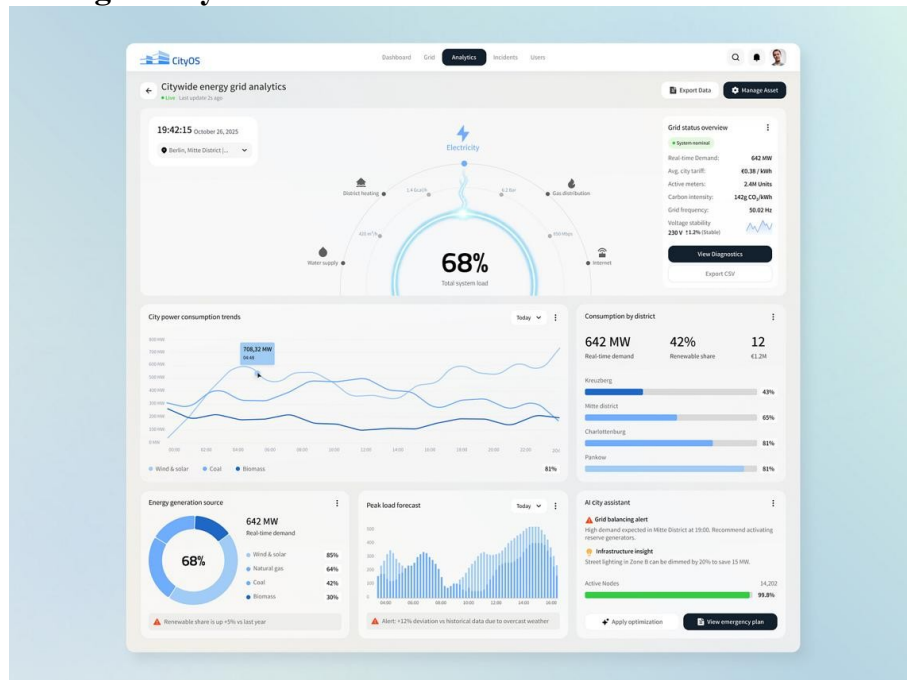
Цифрова підстанція використовує цифровий обмін інформацією між обладнанням замість традиційних аналогових сигналів.

Переваги:

- дистанційний контроль;
- швидке виявлення несправностей;

- автоматичне керування;
- інтеграція з SCADA;
- кіберзахист.

4.3. Роль Big Data у Smart Grid



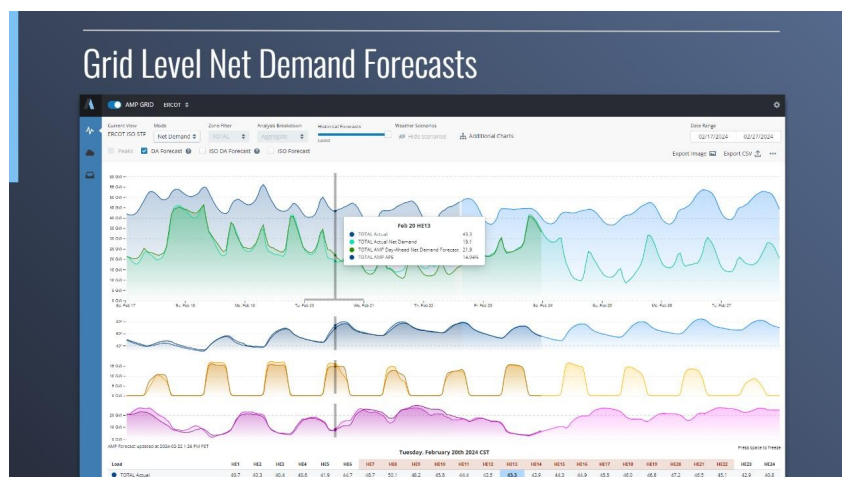
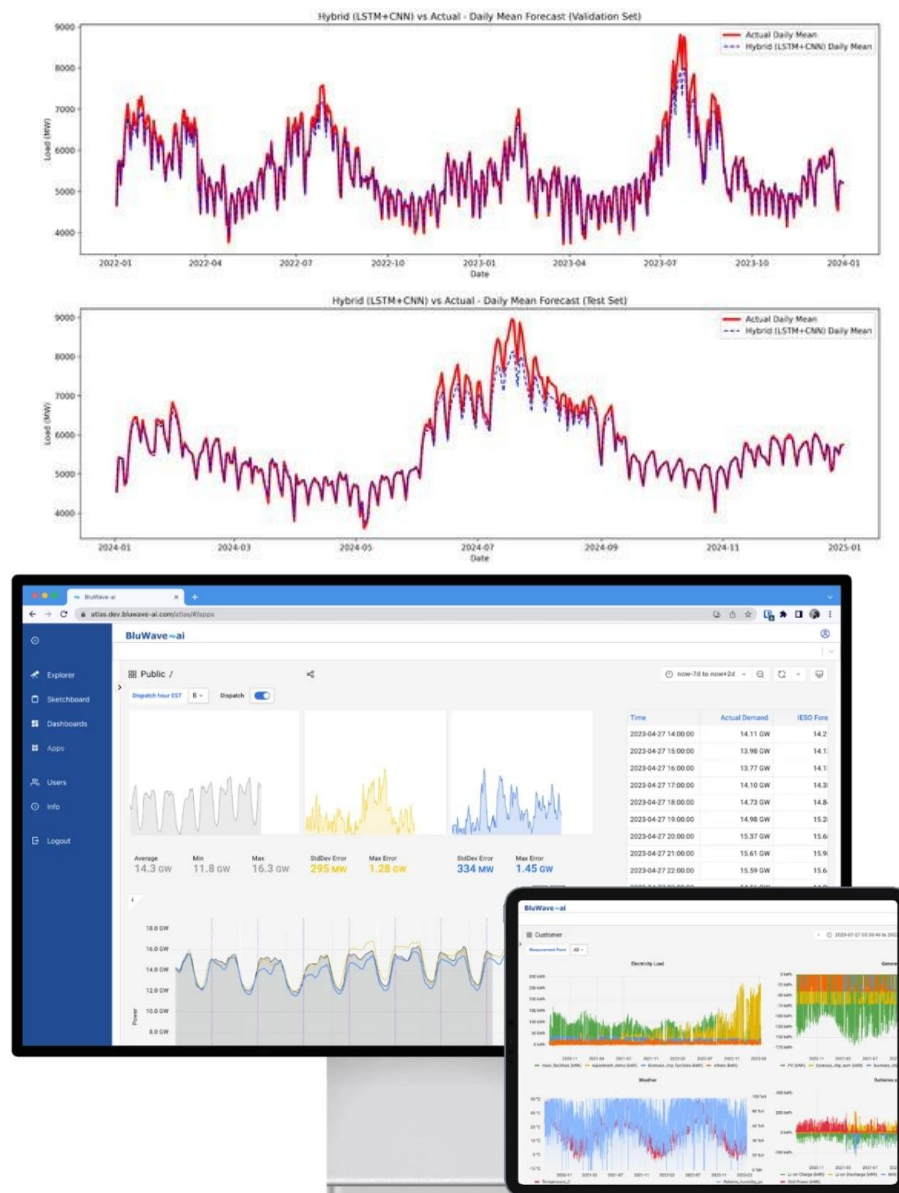


Big Data дозволяє:

- аналізувати навантаження;
- прогнозувати аварії;
- оптимізувати режими мереж;
- оцінювати технічні втрати;
- інтегрувати ВДЕ.

5. AI у прогнозуванні електроспоживання

5.1. Прогнозування навантаження



Прогнозування навантаження є одним із найважливіших застосувань AI.
Види прогнозування:

Тип прогнозу	Період
Короткостроковий	Години – доба.

Середньостроковий	Тижні – місяці.
Довгостроковий	Роки.

Для прогнозування використовуються:

- історичне споживання;
- температура повітря;
- день тижня;
- сезон;
- свята;
- погодні умови.

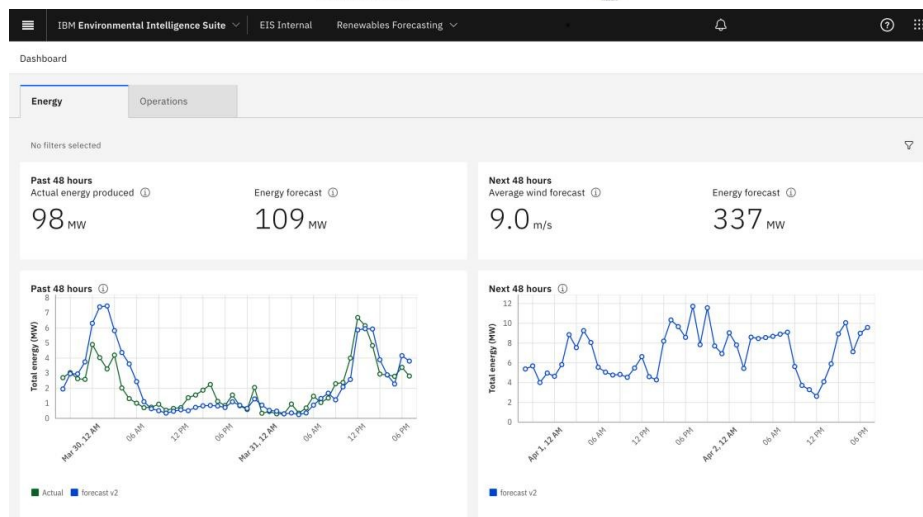
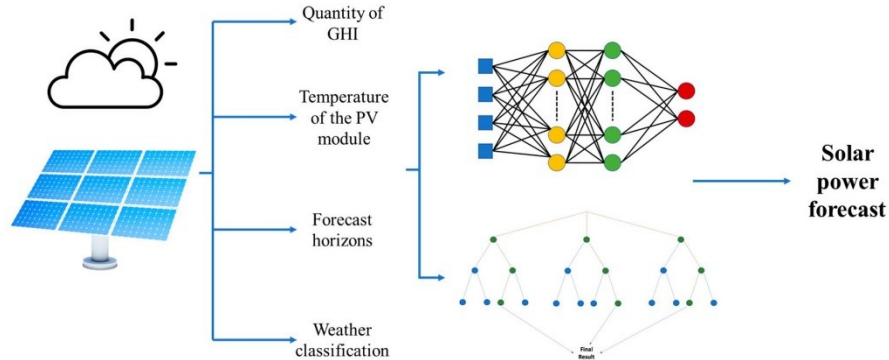
5.2. AI у прогнозуванні ВДЕ



Input Variables

AI Models

Output



AI прогнозує виробіток:

- сонячних електростанцій;
- вітрових електростанцій;
- гідроелектростанцій.

Використовуються:

- метеодані;
- супутникові знімки;
- історичні графіки генерації;
- нейронні мережі.

5.3. Приклад застосування AI

Для університетських досліджень можна використовувати погодинні графіки електроспоживання громадської будівлі.

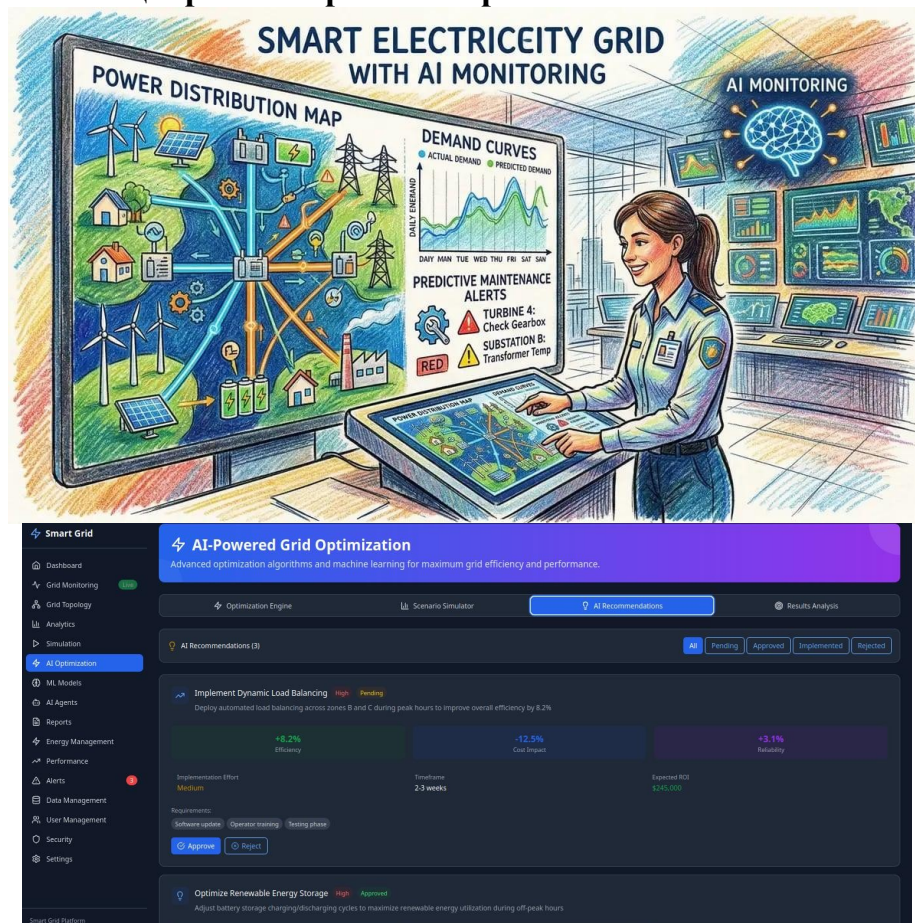
Етапи:

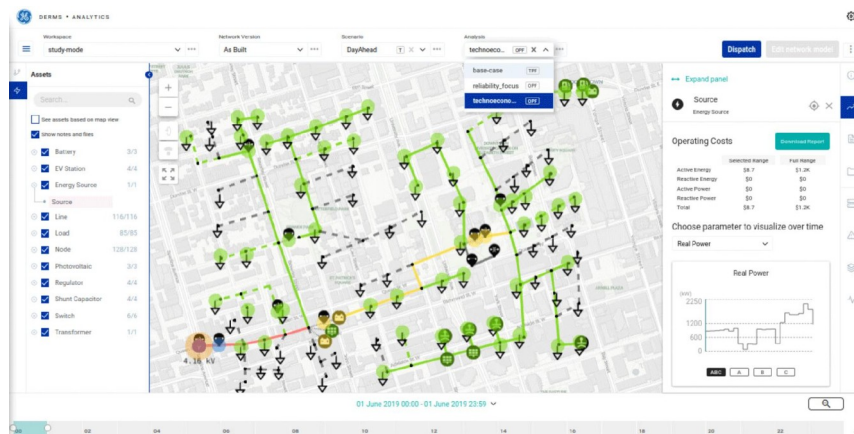
1. збір історичних даних;
2. очищення даних;
3. навчання моделі;
4. прогнозування наступної доби;
5. оцінка точності.

Це безпосередньо пов'язано з моделюванням режимів електроспоживання будівель.

6. AI для оптимізації електроенергетичних систем

6.1. Оптимізація режимів роботи мереж

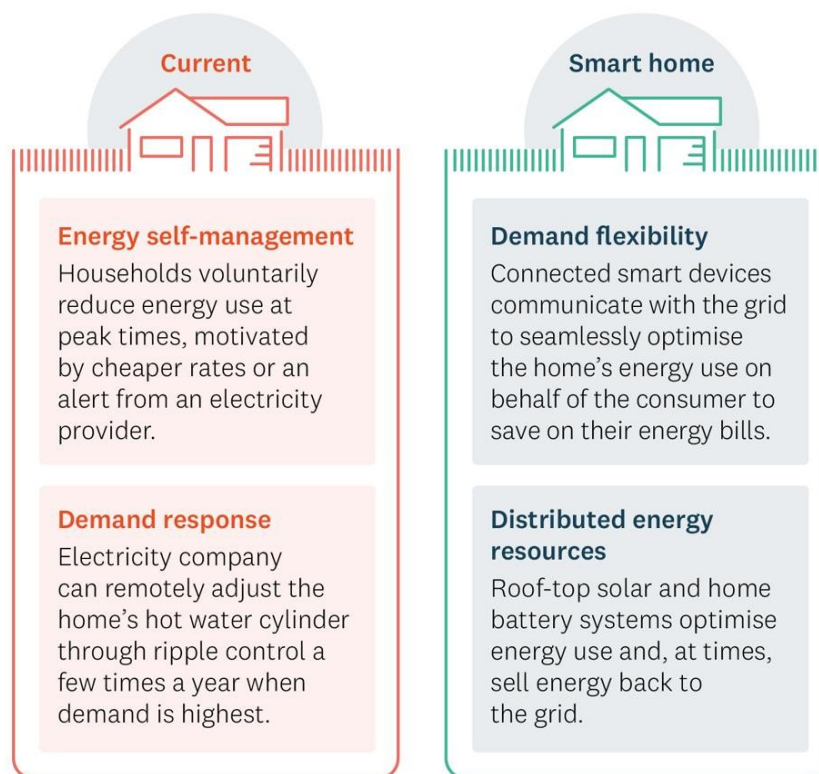


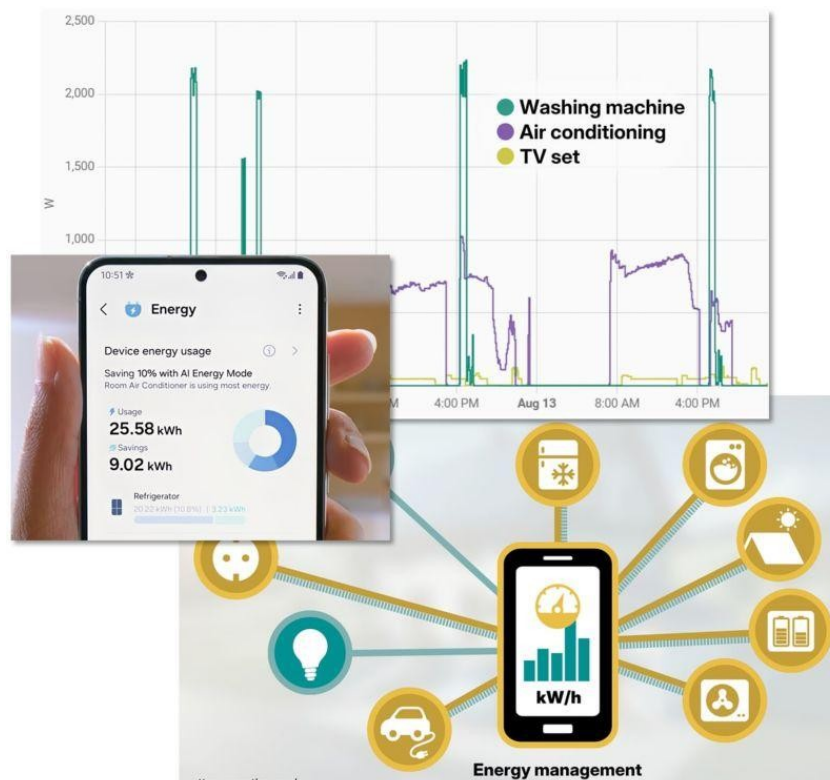


Штучний інтелект використовується для:

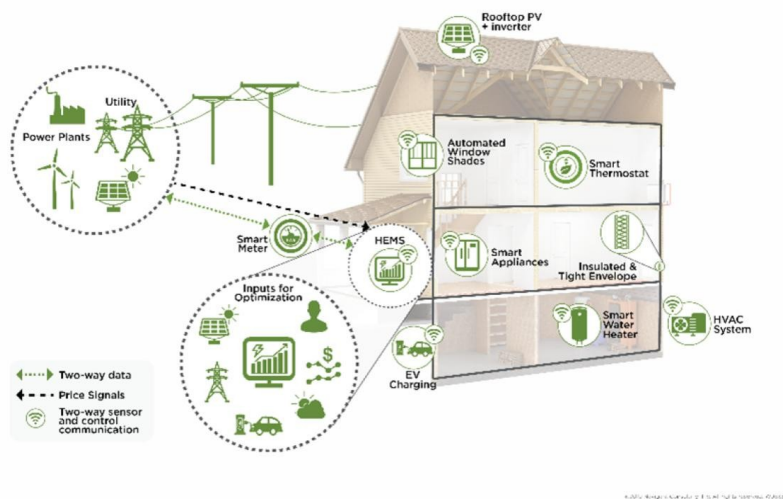
- оптимального розподілу навантаження;
- мінімізації втрат електроенергії;
- оптимізації напруги;
- балансування генерації та споживання.

6.2. Demand Response





Grid-Interactive Efficient Homes

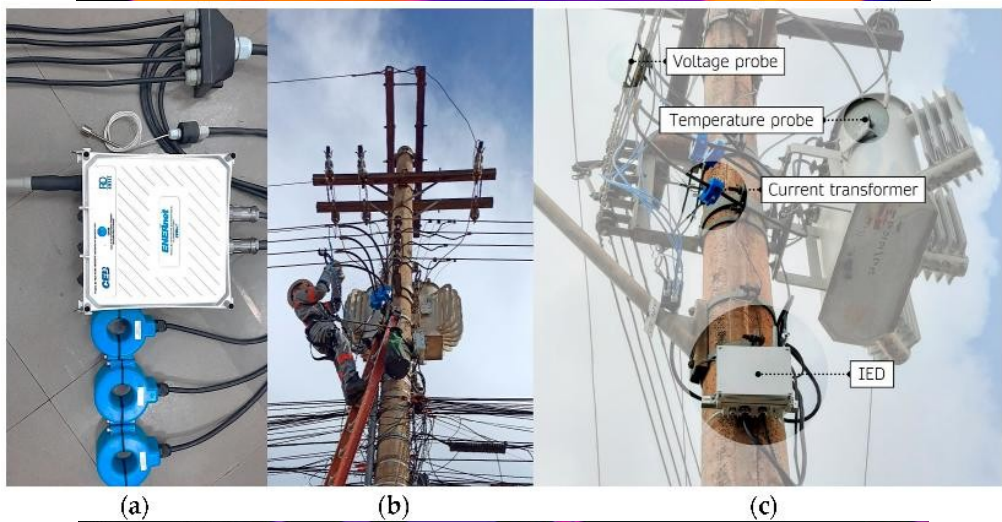


Demand Response — керування попитом на електроенергію.

Принцип роботи:

- аналіз поточного навантаження;
- прогноз дефіциту;
- автоматичне керування навантаженнями;
- стимулювання споживачів переносити споживання.

6.3. AI для мінімізації втрат

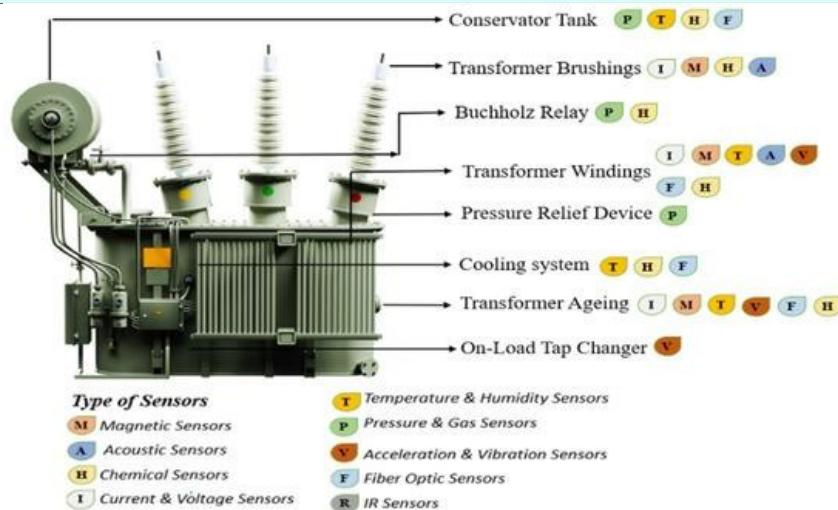
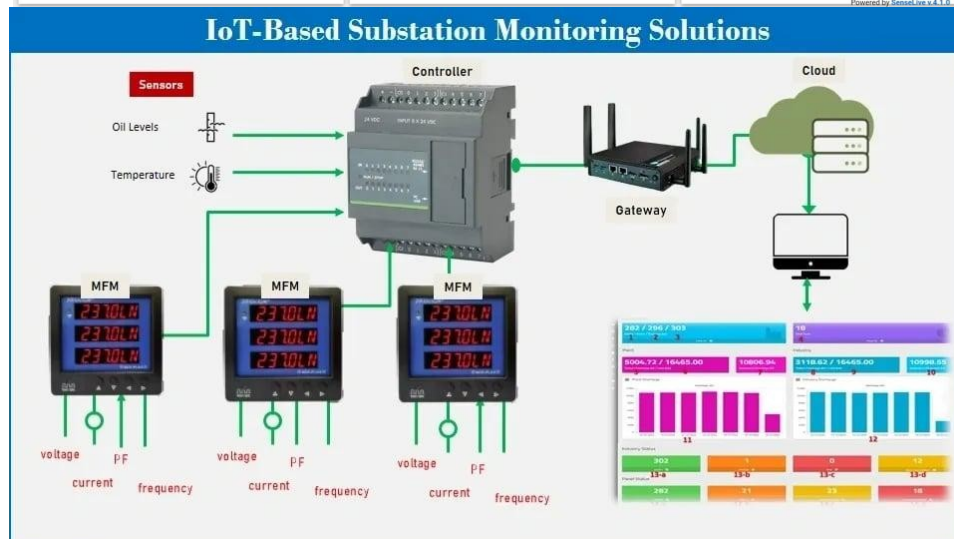
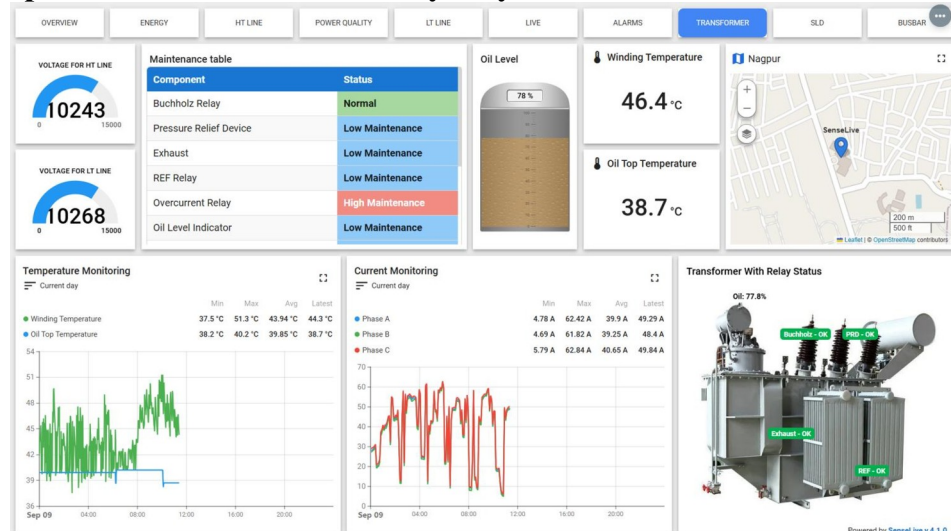


AI допомагає:

- знаходити перевантажені ділянки;
- прогнозувати технічні втрати;
- аналізувати режими трансформаторів;
- оптимізувати режими роботи мереж.

7. Big Data для діагностики обладнання

7.1. Предикивне технічне обслуговування

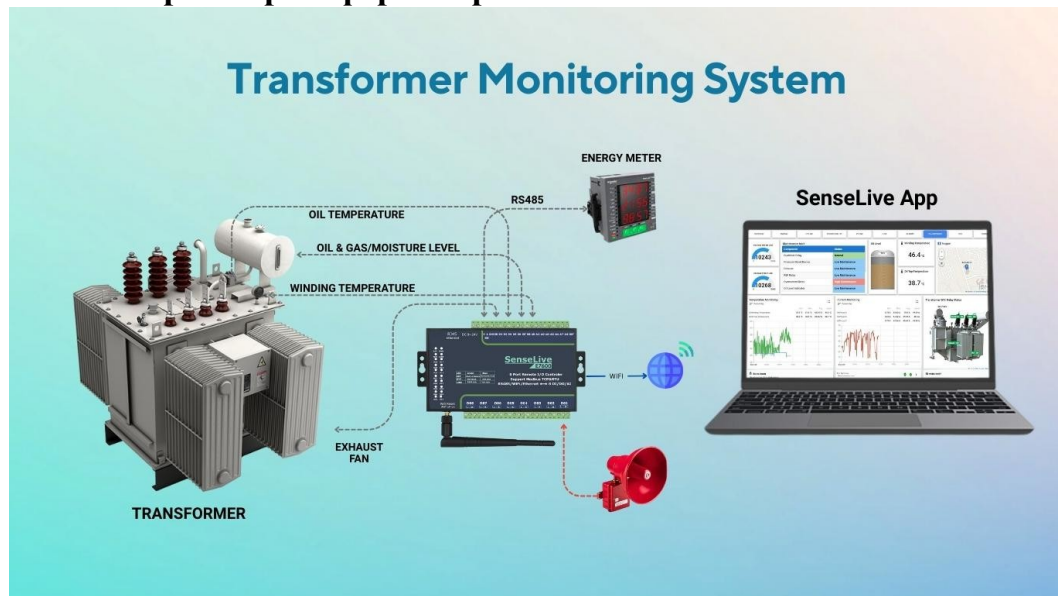


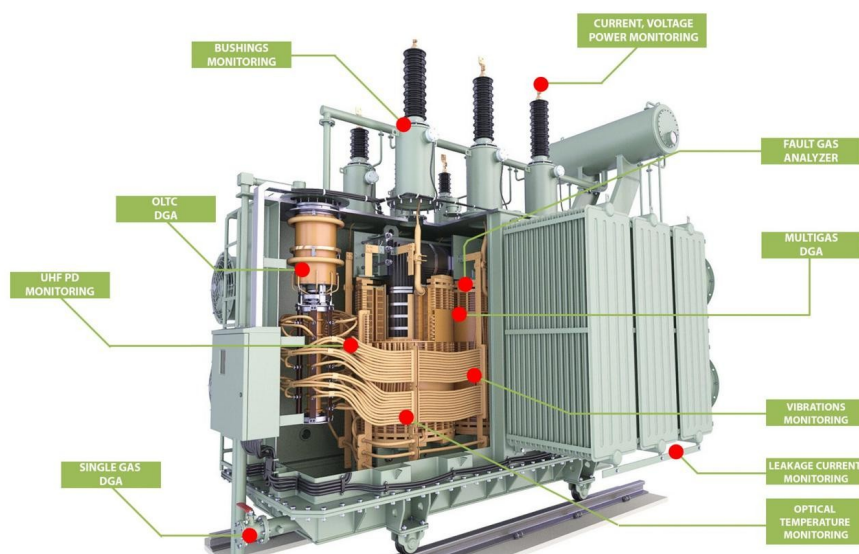
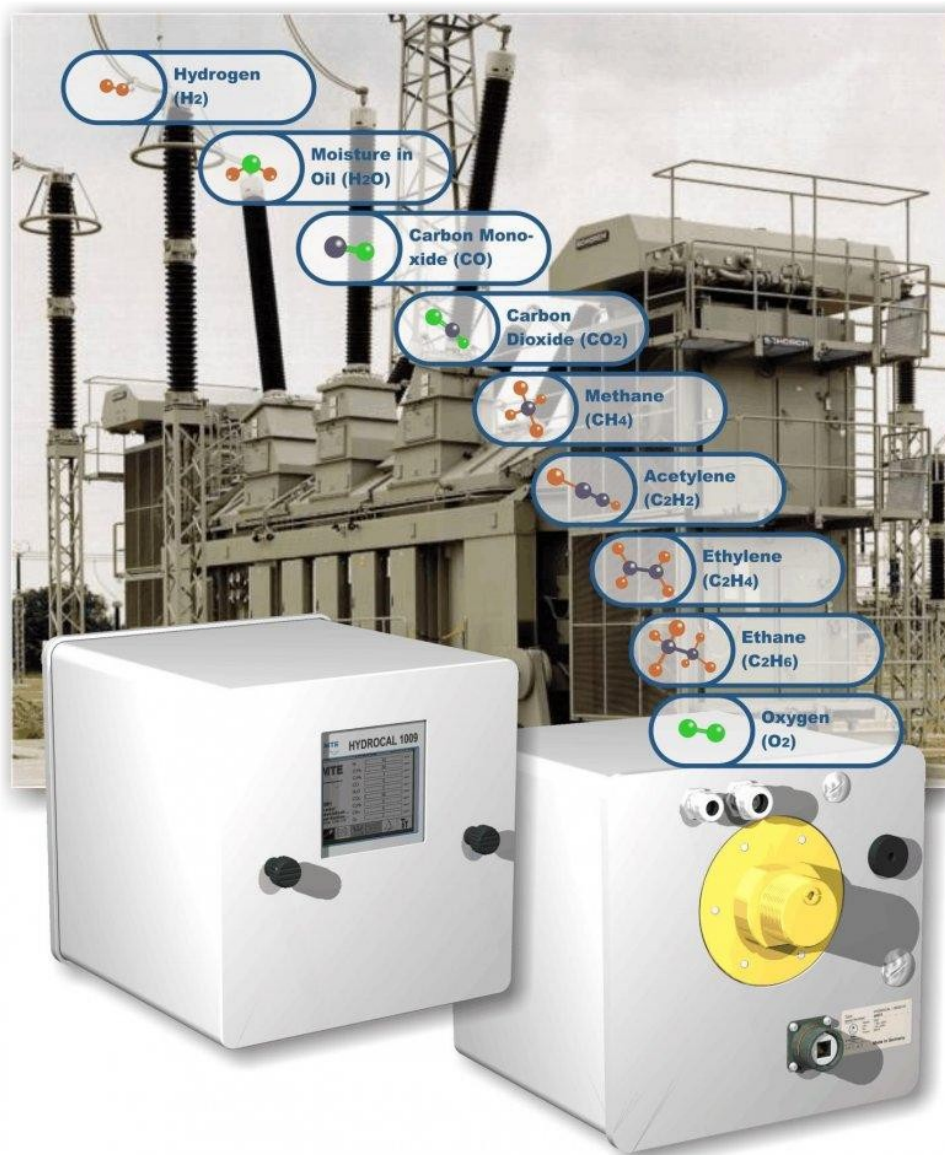
Predictive Maintenance — прогнозне технічне обслуговування.

AI аналізує:

- температуру;
- струм;
- напругу;
- вібрацію;
- часткові розряди;
- стан ізоляції.

7.2. Моніторинг трансформаторів

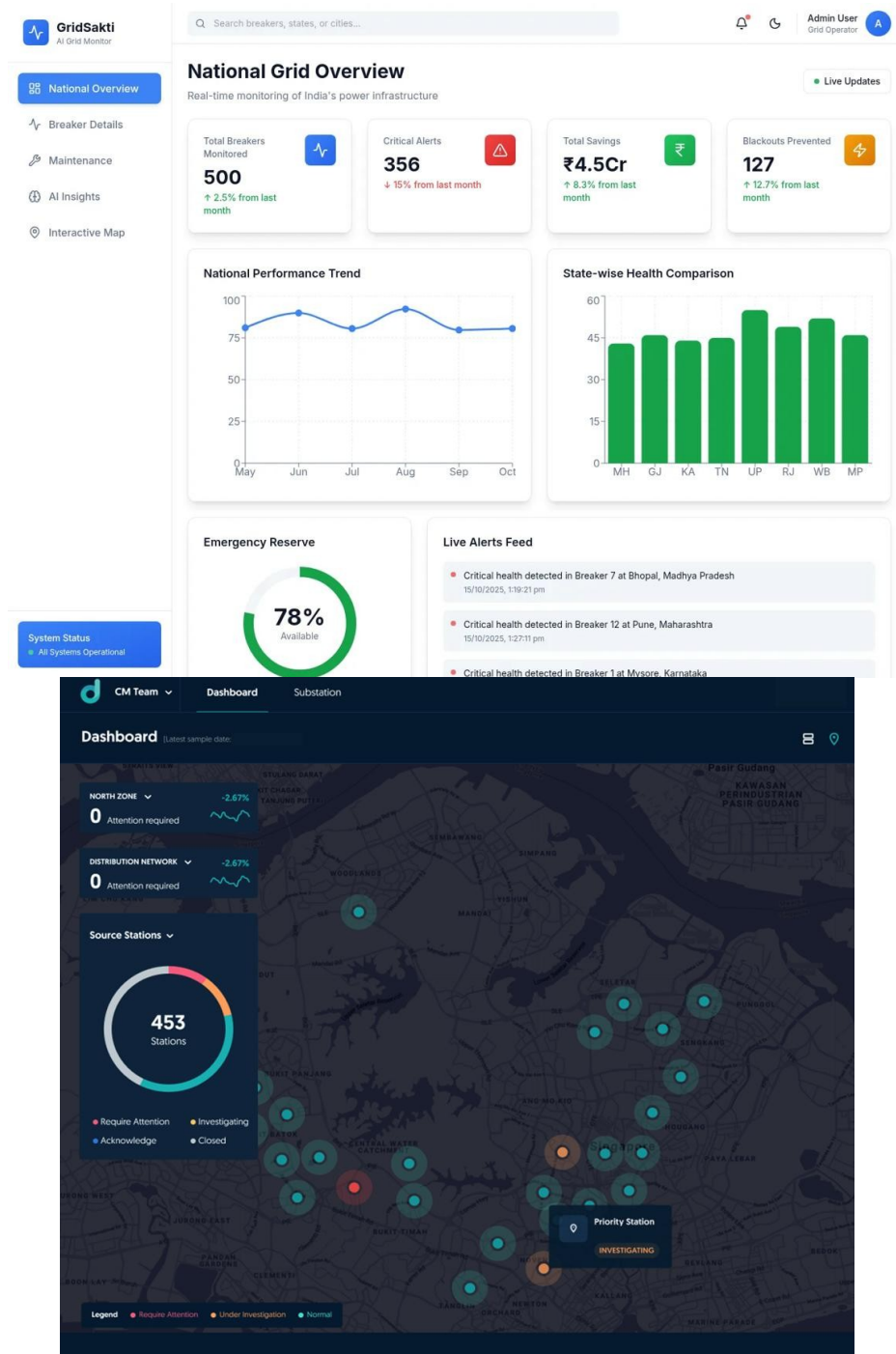




- Використовуються:
- онлайн-моніторинг;

- аналіз розчинених газів;
- тепловізійний контроль;
- аналіз навантаження.

7.3. Виявлення аномалій

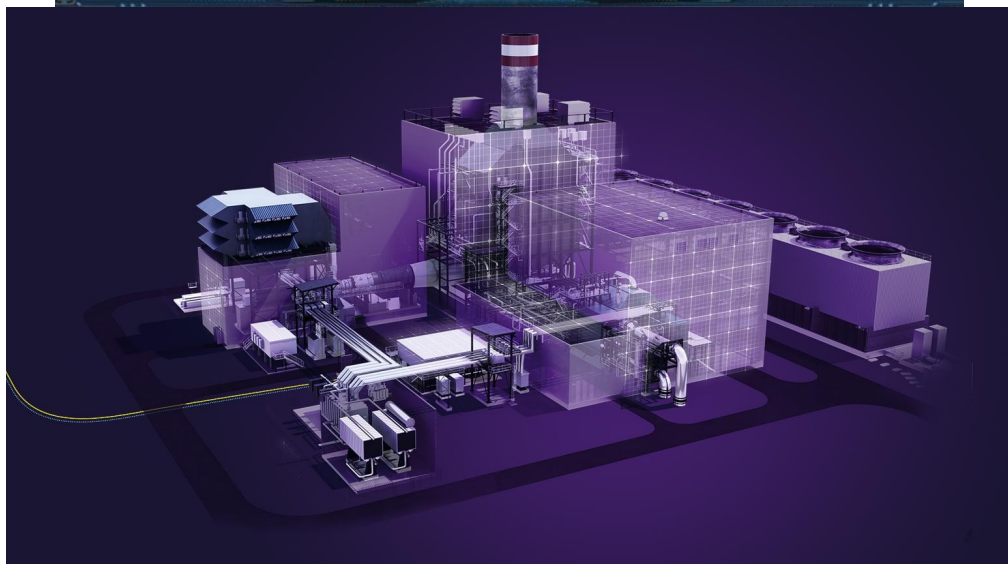


AI здатний автоматично виявляти:

- короткі замикання;
- перевантаження;
- незвичайні режими;
- кіберінциденти;
- несправності обладнання.

8. Digital Twin — цифрові двійники енергетичних систем

8.1. Поняття цифрового двійника



Digital Twin — цифрова модель реального енергетичного об'єкта.

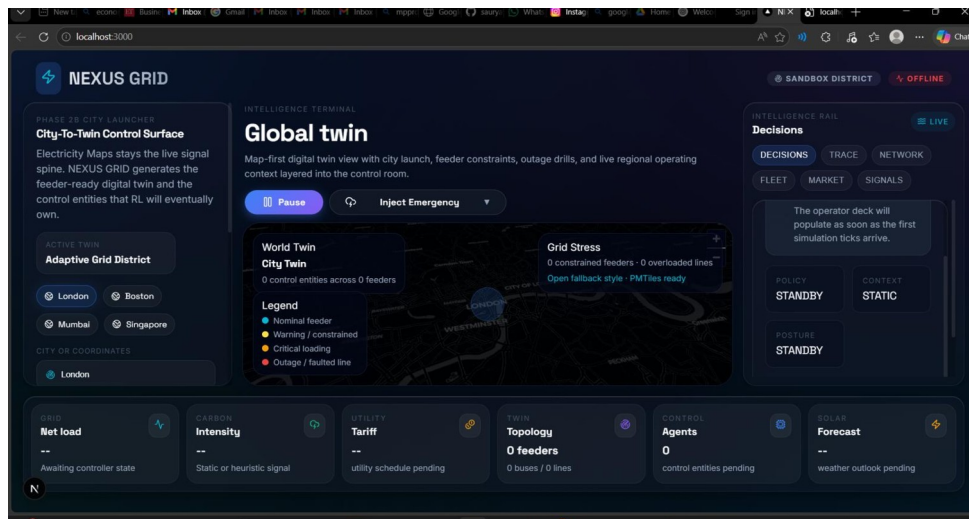
Цифровими двійниками можуть бути:

- електростанції;
- трансформаторні підстанції;
- ЛЕП;
- мікромережі;

- будівлі.

8.2. Використання Digital Twin





Можливості:

- моделювання режимів;
- прогноз аварій;
- оцінка модернізації;
- оптимізація енергоспоживання;
- навчання диспетчерів.

9. AI, Big Data та міжнародне співробітництво

9.1. Чому міжнародне співробітництво необхідне?



Причини:

- великі обсяги даних;
- дорогі дослідження;
- потреба у міжнародних стандартах;
- спільні цифрові платформи;
- розвиток відкритих даних.

9.2. Міжнародні програми ЄС

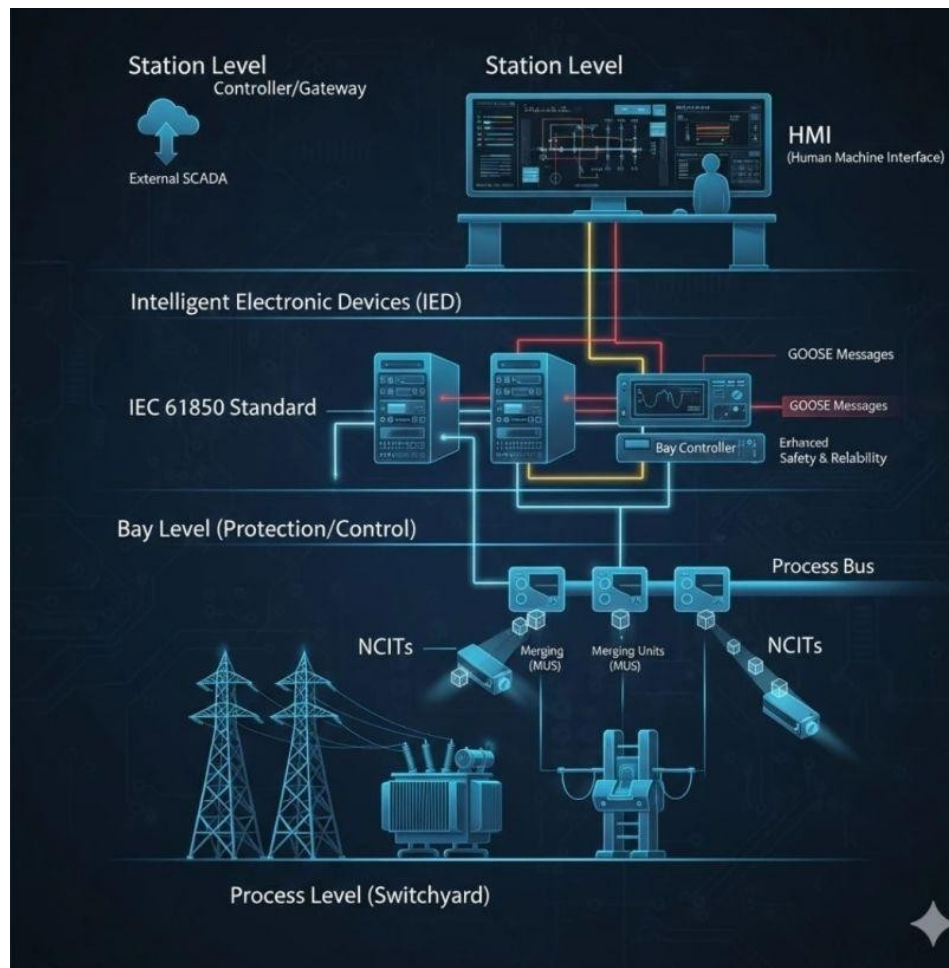


Основні програми:

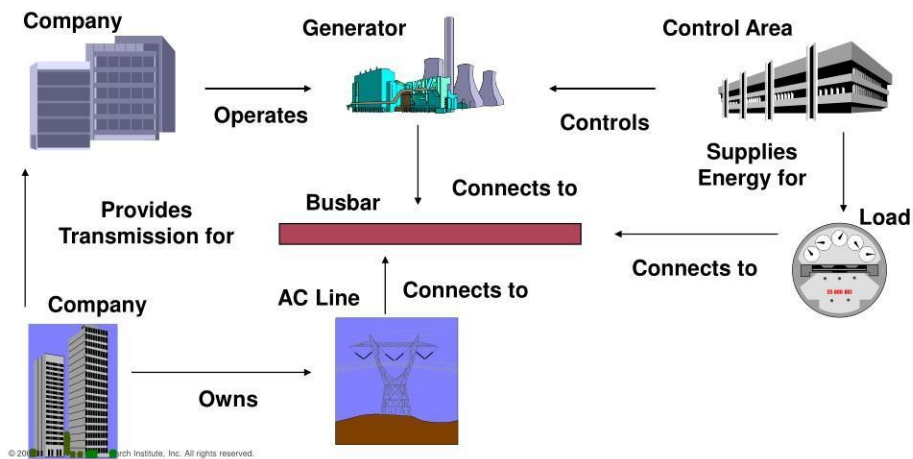
Програма	Напрям
Horizon Europe	AI, Smart Grid, цифрова енергетика.
DIGITAL Europe	Штучний інтелект, суперкомп'ютери.
CEF Energy	Цифрова енергетична інфраструктура.
Global Gateway	Енергетичні цифрові проєкти.

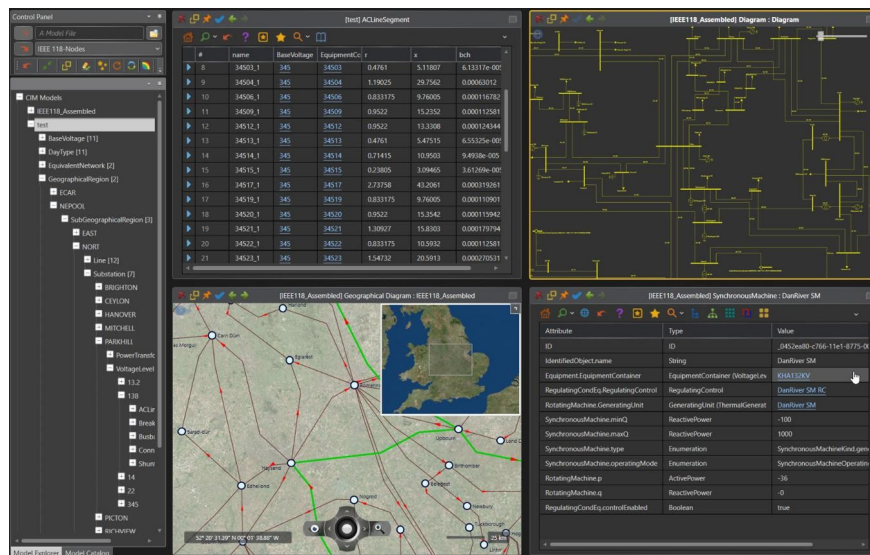
ЄС активно фінансує дослідження цифрових технологій у сфері енергетики через міжнародні консорціуми.

9.3. Стандарти обміну даними



The Common Information Model Defines Power System Resources, Attributes and Relationships





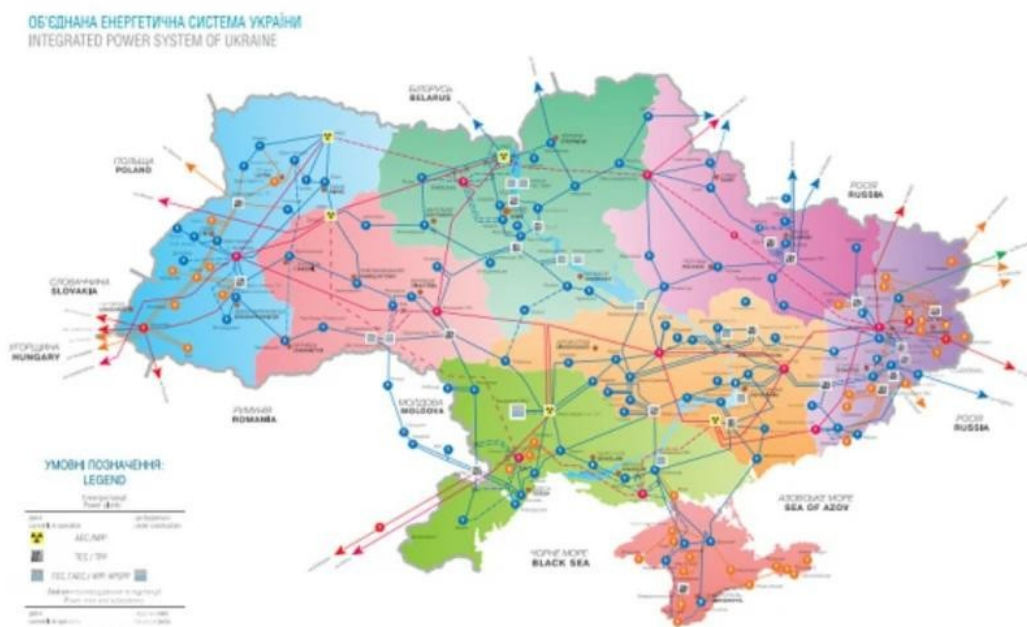
В енергетиці використовуються міжнародні стандарти:

- IEC 61850;
- IEC 61970;
- IEC 61968;
- CIM;
- OpenADR.

Вони забезпечують сумісність обладнання різних виробників.

10. Україна та міжнародні цифрові енергетичні проєкти

10.1. Напрями розвитку

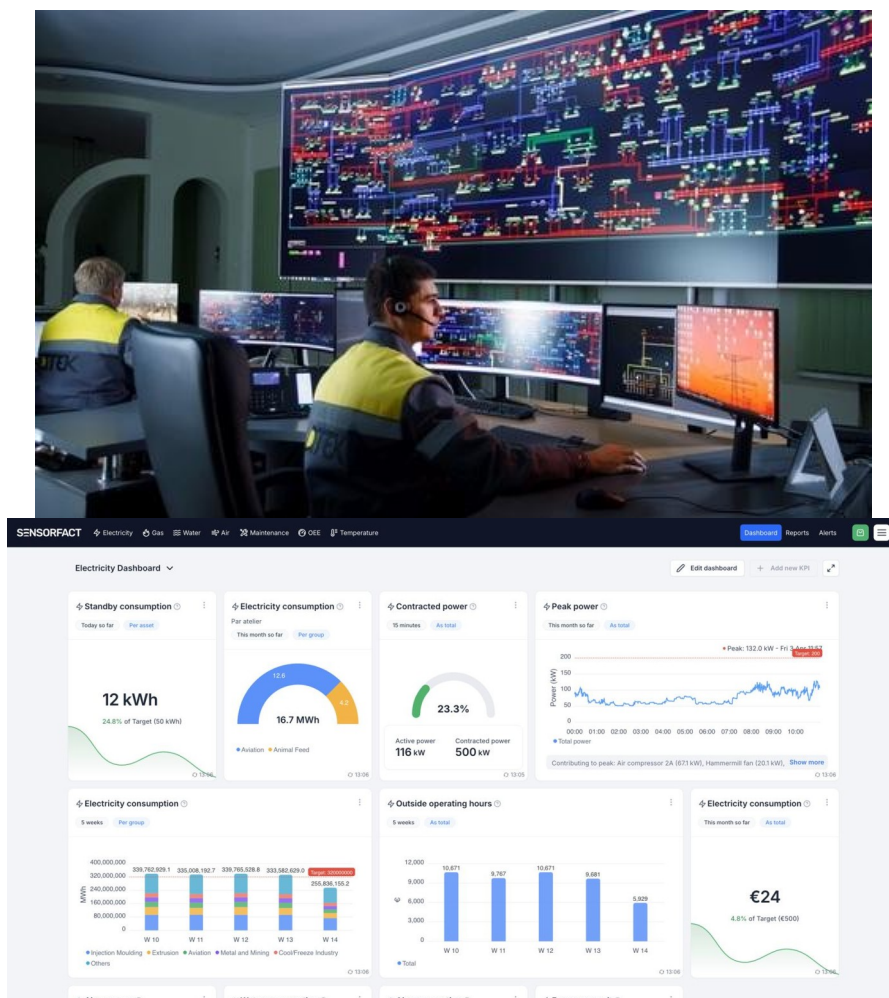




Україна впроваджує:

- цифрові підстанції;
- Smart Metering;
- SCADA;
- GIS;
- автоматизовані системи диспетчерського керування;
- цифровий моніторинг мереж.

10.2. Big Data в українській енергетиці



Основні напрями:

- аналіз режимів електроспоживання;
- прогнозування попиту;
- оптимізація розподільних мереж;
- оцінка технічних втрат;
- підтримка диспетчерських рішень.

10.3. Значення AI для магістерських досліджень

Для магістрів спеціальності 141 актуальними є дослідження:

- прогнозування погодинних графіків електроспоживання;
- оптимізація енергоспоживання громадських будівель;
- цифрові моделі Smart Grid;
- AI для мінімізації втрат електроенергії;
- Big Data для енергоефективності будівель.

Ці напрями безпосередньо відповідають сучасним міжнародним дослідницьким проєктам ЄС.

11. Переваги та ризики використання AI і Big Data

Переваги

Переваги	Практичний результат
Точніше прогнозування	Менше помилок у плануванні режимів.

Оптимізація мереж	Зменшення втрат електроенергії.
Предиктивне обслуговування	Менше аварій обладнання.
Інтеграція ВДЕ	Краще балансування енергосистем.
Підвищення ефективності	Економія ресурсів і часу.

Основні ризики

Ризик	Характеристика
Кібербезпека	Захист цифрової енергетичної інфраструктури.
Якість даних	Недостовірні або неповні дані можуть погіршити результати AI.
Конфіденційність	Захист персональних даних споживачів.
Вартість цифровізації	Необхідність значних інвестицій.
Кваліфікація персоналу	Потреба у фахівцях із цифрової енергетики.

12. Перспективи розвитку AI та Big Data в міжнародній енергетиці

Основні тенденції до 2035 року

Очікується активний розвиток:

- автономних електромереж;
- віртуальних електростанцій (Virtual Power Plant);
- цифрових двійників міст;
- AI-диспетчерів;
- квантових обчислень для енергетики;
- міжнародних платформ обміну енергетичними даними.

Ці напрями формують нову модель міжнародного науково-технічного співробітництва між університетами, енергетичними компаніями та дослідницькими центрами.

Висновки

Штучний інтелект і Big Data стали ключовими технологіями цифрової трансформації сучасної енергетики. Їх використання дозволяє підвищувати ефективність виробництва, передачі та розподілу електричної енергії, прогнозувати режими електроспоживання, інтегрувати відновлювані джерела енергії та забезпечувати надійну роботу інтелектуальних електромереж. Big Data забезпечує накопичення та аналіз великих обсягів інформації, а штучний інтелект використовує ці дані для прийняття оптимальних рішень у режимі реального часу.

Для Європейського Союзу розвиток AI та Big Data є важливою складовою цифрової та кліматичної політики, що реалізується через міжнародні дослідницькі програми, стандартизацію цифрової енергетики та підтримку інноваційних проєктів. Для України впровадження цих технологій відкриває можливості модернізації електроенергетичної інфраструктури, розвитку Smart Grid, підвищення енергоефективності та участі у міжнародних науково-технічних консорціумах.

Тема 9. Воднева енергетика та міжнародне співробітництво України

Вступ

Глобальна трансформація енергетики, спрямована на досягнення кліматичної нейтральності, зумовлює активний розвиток нових низьковуглецевих технологій. Одним із найважливіших напрямів сучасної енергетичної політики є воднева енергетика, яка розглядається як перспективний інструмент декарбонізації промисловості, транспорту, електроенергетики та систем теплопостачання.

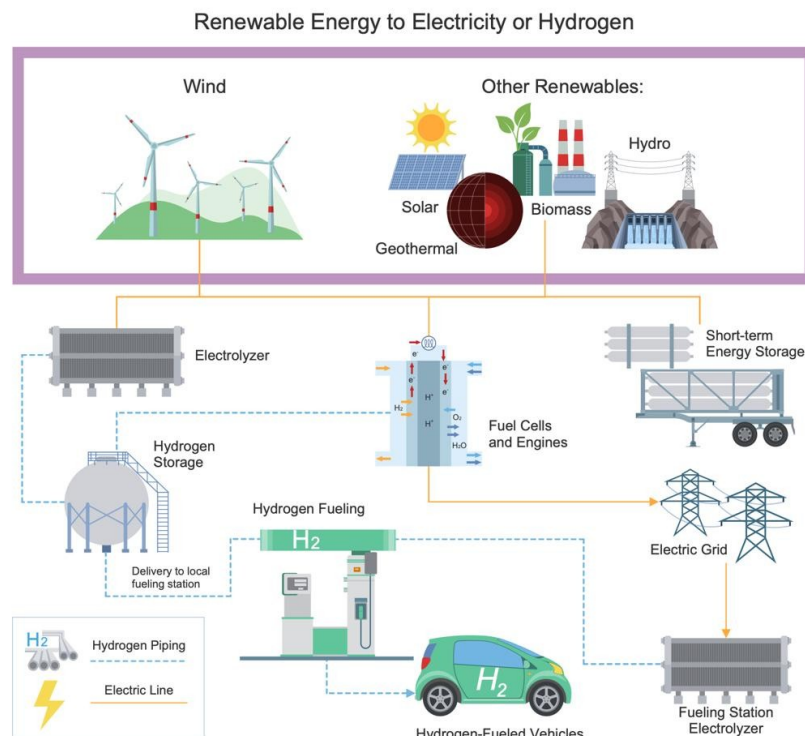
Водень здатний виконувати роль універсального енергоносія, забезпечуючи накопичення енергії, транспортування енергетичних ресурсів і використання відновлюваної електроенергії в секторах, де безпосередня електрифікація є складною або економічно недоцільною. Саме тому Європейський Союз визначив розвиток водневої економіки одним із ключових напрямів реалізації Європейського зеленого курсу, пакета Fit for 55 та плану REPowerEU.

Для України воднева енергетика має стратегічне значення не лише як новий сектор економіки, а й як напрям міжнародного науково-технічного співробітництва, інтеграції до європейського енергетичного ринку та розвитку сучасної енергетичної інфраструктури.

1. Воднева енергетика як складова глобального енергетичного переходу

1.1. Поняття водневої енергетики





Воднева енергетика - це галузь енергетики, що охоплює виробництво, транспортування, зберігання та використання водню як енергоносія для забезпечення різних секторів економіки.

На відміну від традиційних видів палива, водень не є первинним джерелом енергії. Він виробляється із використанням інших енергетичних ресурсів і використовується як засіб накопичення та перенесення енергії.

Основні функції водню в енергетичній системі:

- накопичення надлишкової електроенергії з ВДЕ;
- транспортування енергії на великі відстані;
- виробництво електроенергії у паливних елементах;
- використання як промислової сировини;

- забезпечення низьковуглецевого транспорту.

Таким чином, водень розглядається як один із ключових елементів майбутньої кліматично нейтральної економіки.

1.2. Чому водень став стратегічним ресурсом?



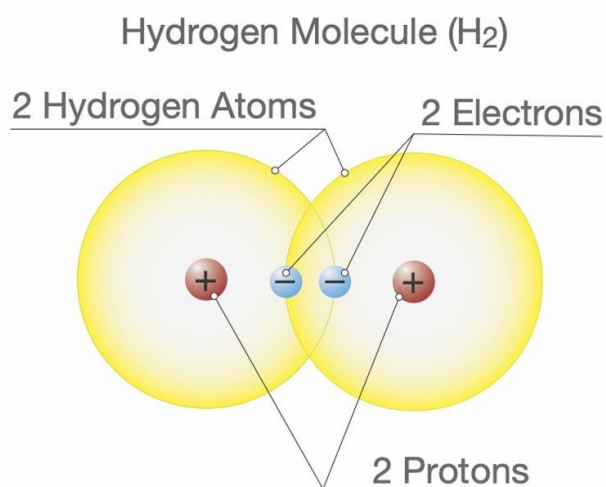
Активний розвиток водневої енергетики пов'язаний із кількома глобальними тенденціями:

Причина	Значення для енергетики
Декарбонізація економіки	Скорочення використання викопного палива.
Розвиток ВДЕ	Використання надлишкової генерації сонця та вітру.
Енергетична безпека	Диверсифікація джерел енергії.
Накопичення енергії	Зберігання електроенергії у вигляді водню.
Міжнародна торгівля	Формування світового ринку водню.

Водень дозволяє поєднати розвиток відновлюваної енергетики з довготривалим накопиченням енергії та міжнародною торгівлею енергоресурсами.

2. Фізико-хімічні властивості водню та його роль у сучасній енергетиці

2.1. Основні властивості водню



Водень є найпростішим і найпоширенішим хімічним елементом у Всесвіті. Його енергетичні властивості визначають перспективність використання в енергетиці.

Основні характеристики водню

Характеристика	Значення
Хімічна формула	H_2
Колір	Безбарвний газ.
Запах	Відсутній.
Густина	Найменша серед газів.
Продукт згоряння	Вода (H_2O).
Вища теплота згоряння	Приблизно 142 МДж/кг.

Перевагою водню є висока питома теплота згоряння та відсутність прямих викидів CO_2 під час використання.

2.2. Переваги та обмеження використання водню

Переваги



- відсутність викидів CO_2 під час використання;

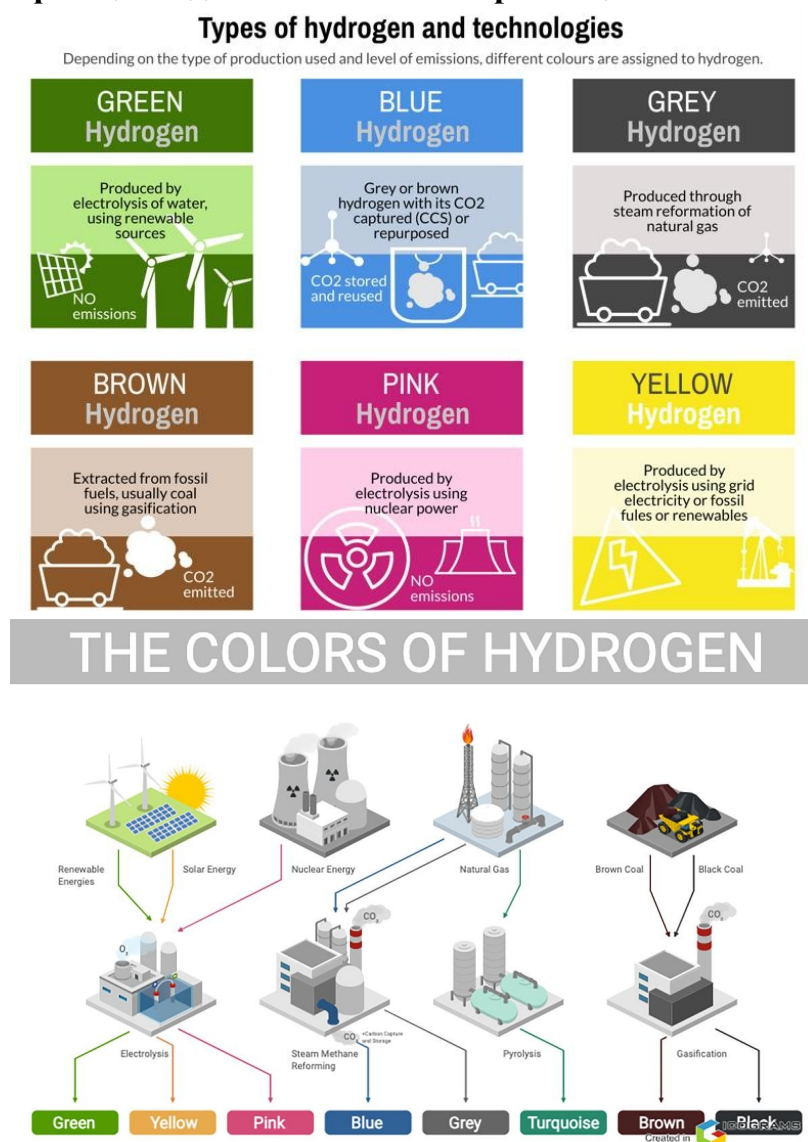
- можливість накопичення великих обсягів енергії;
- універсальність застосування;
- інтеграція з ВДЕ;
- використання в електроенергетиці, транспорті, промисловості.

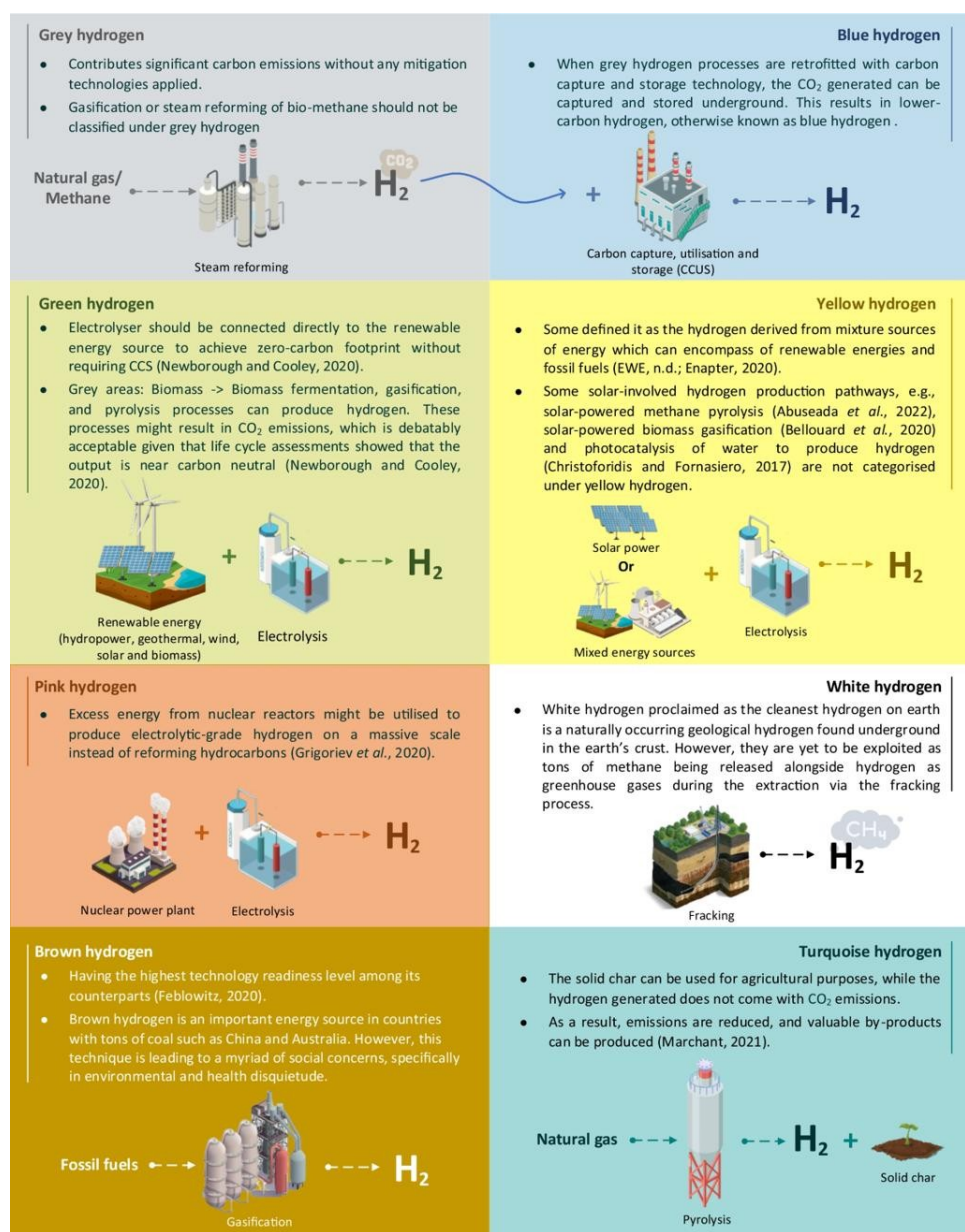
Недоліки

Проблема	Сутність
Висока вартість виробництва	Особливо для зеленого водню.
Зберігання	Необхідність високого тиску або низьких температур.
Транспортування	Спеціальна інфраструктура.
Втрати енергії	На етапах виробництва, транспортування і перетворення.

3. Основні технології виробництва водню

3.1. Класифікація водню за способом виробництва





У сучасній енергетиці використовують умовну класифікацію водню за кольорами.

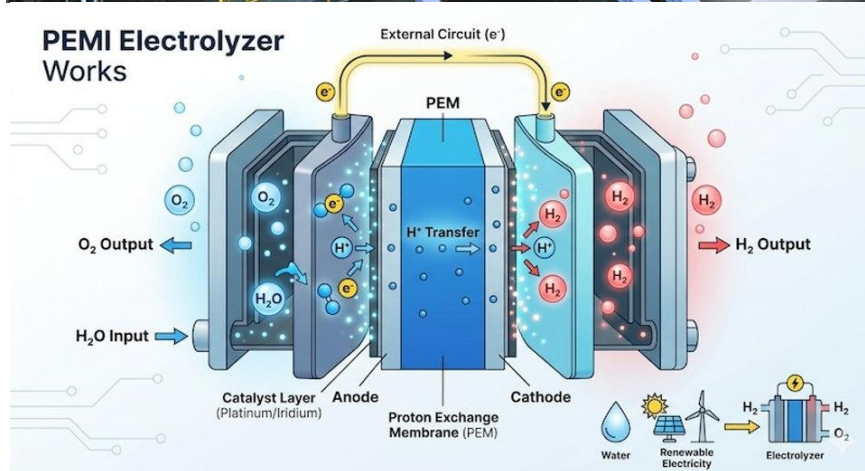
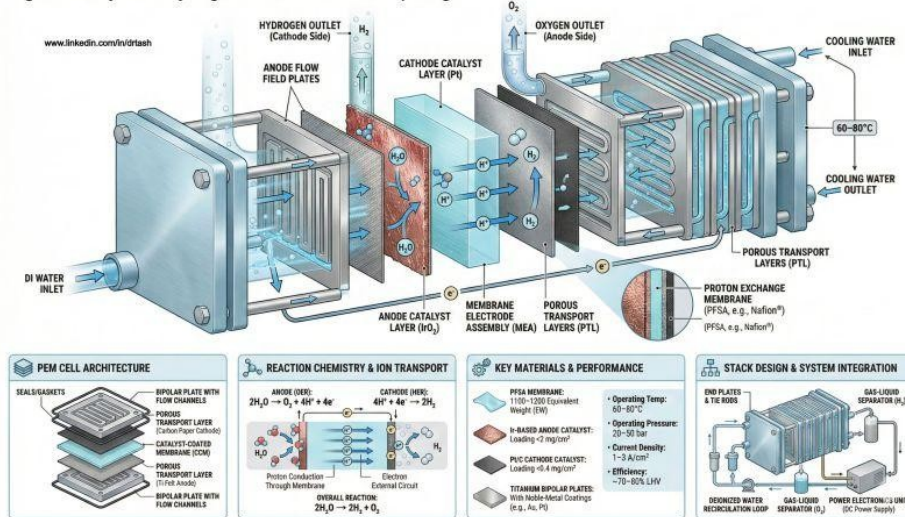
Тип водню	Спосіб виробництва	Викиди CO_2
Зелений	Електроліз води з використанням ВДЕ.	Мінімальні.
Блакитний	Парова конверсія природного газу із CCS.	Низькі.
Сірий	Парова конверсія природного газу.	Високі.
Бурий (чорний)	Газифікація вугілля.	Дуже високі.
Бірюзовий	Піроліз метану.	Потенційно низькі.
Рожевий	Електроліз із використанням атомної енергії.	Низькі.

Найбільшу увагу міжнародна політика приділяє саме зеленому водню.

3.2. Електроліз води

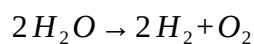
PROTON EXCHANGE MEMBRANE (PEM) ELECTROLYSER: ARCHITECTURE & OPERATING PRINCIPLE

High-Efficiency Green Hydrogen Production via Water Splitting



Електроліз - процес розкладання води на водень і кисень під дією електричного струму.

Рівняння процесу:



Основні типи електролізерів

Тип електролізера	Особливості
Лужний (Alkaline)	Найбільш поширена технологія.
PEM	Швидка реакція на зміну навантаження.
SOEC	Високотемпературний електроліз.

PEM-електролізери найбільш перспективні для інтеграції із сонячними та вітровими електростанціями.

3.3. Виробництво зеленого водню з ВДЕ



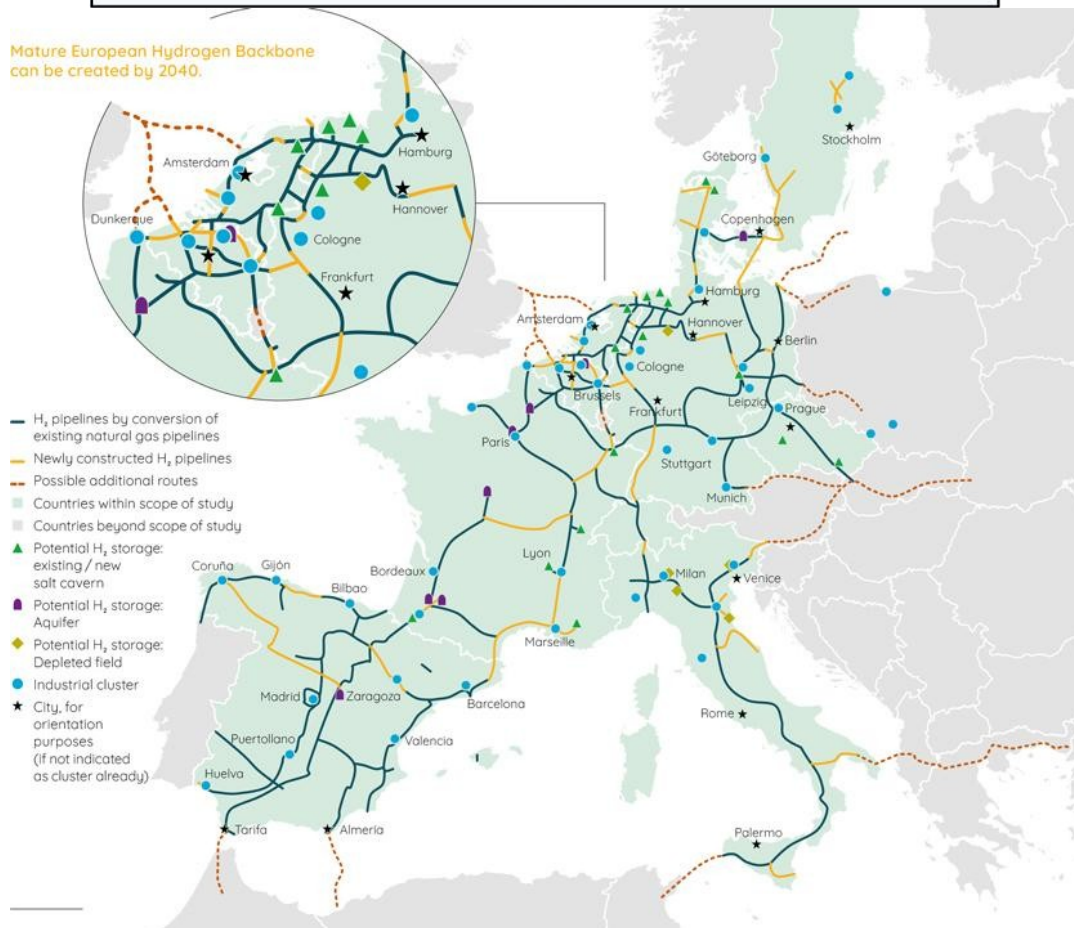
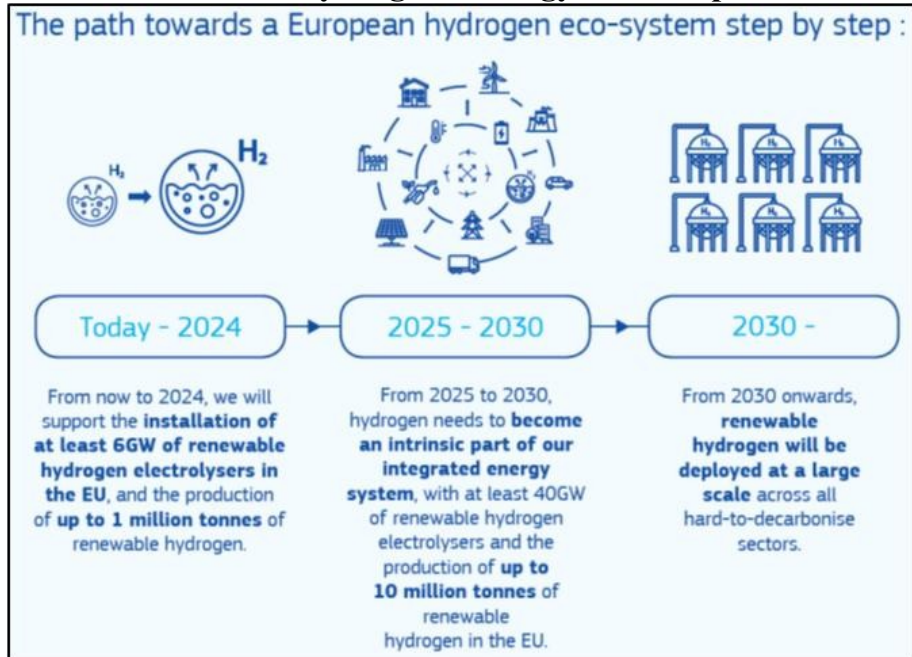
Етапи виробництва:

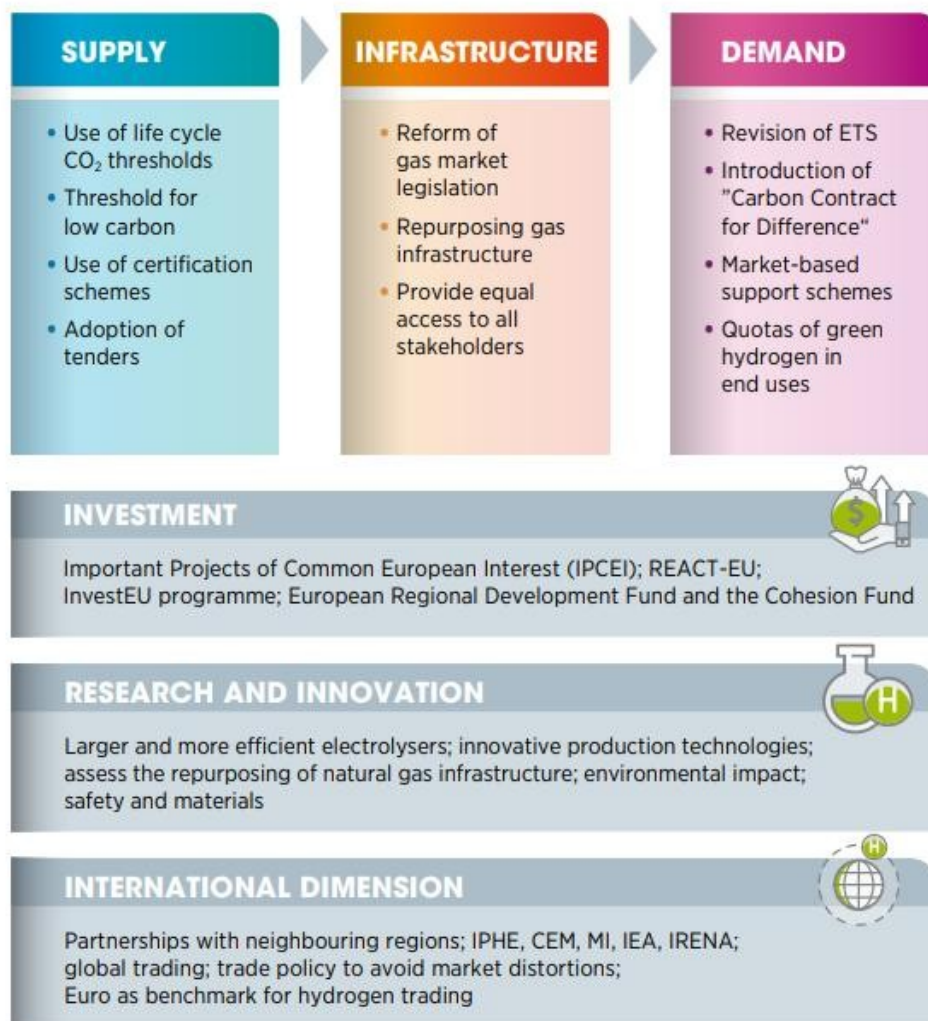
1. виробництво електроенергії ВДЕ;
2. електроліз води;
3. очищення водню;
4. стиснення;
5. накопичення або транспортування.

Перевага такого підходу полягає у використанні надлишкової електроенергії, яка інакше могла б бути втрачена.

4. Європейська воднева стратегія

4.1. Основні положення Hydrogen Strategy for Europe





Notes: CEM = Clean Energy Ministerial; ETS = emissions trading system; IPHE = International Partnership for Hydrogen and Fuel Cells in the Economy; MI = Mission Innovation; REACT-EU = Recovery Assistance for Cohesion and the Territories of Europe.

Source: European Commission, 2020.

Європейська Комісія визначила водень одним із головних інструментів досягнення кліматичної нейтральності. Воднева стратегія передбачає поступове формування повноцінної водневої економіки в ЄС.

Основні напрями стратегії:

- розвиток виробництва зеленого водню;
- створення єдиного європейського ринку водню;
- розвиток водневої інфраструктури;
- підтримка досліджень;
- міжнародне партнерство.

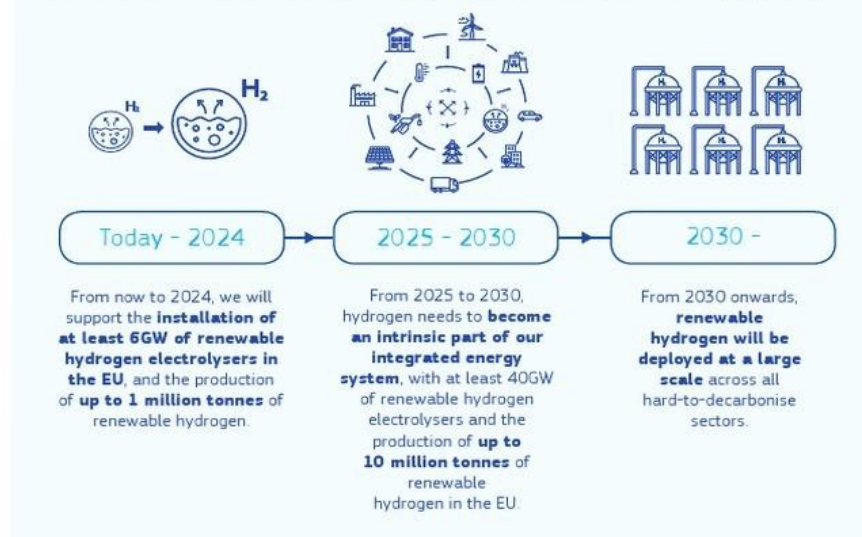
4.2. Водень у Європейському зеленому курсі

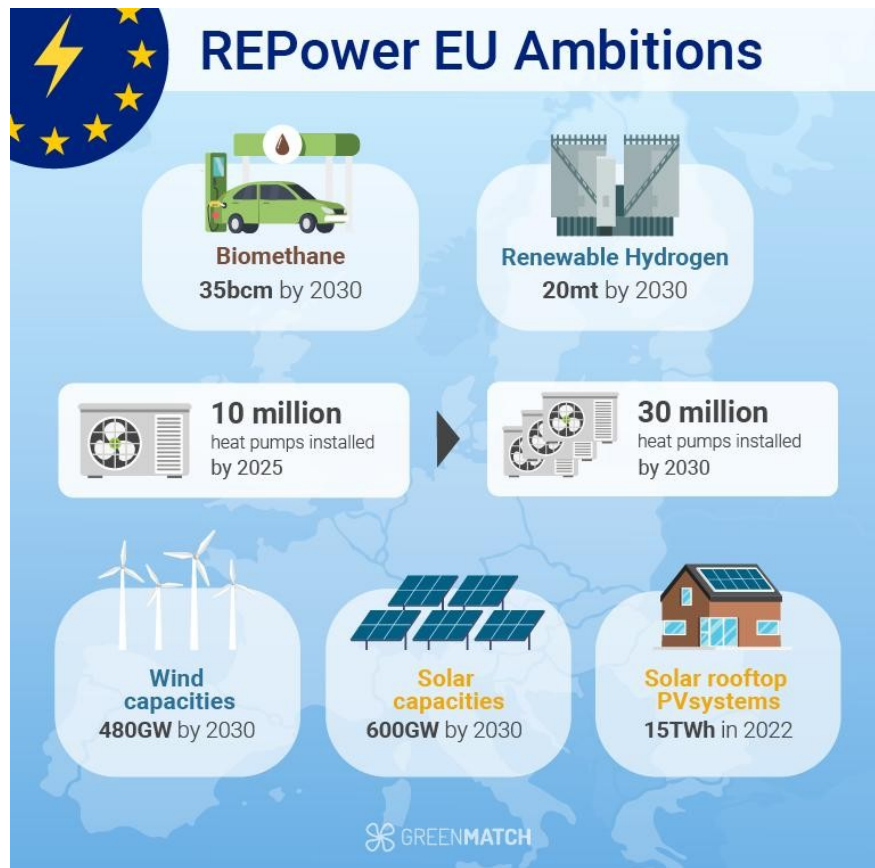


The EU Hydrogen Strategy will give a boost to **clean hydrogen production in Europe**. Hydrogen can be used as **a feedstock, a fuel or an energy carrier and storage**, and has many possible applications which would reduce greenhouse gas emissions across industry, transport, power and buildings sectors. The Commission's economic recovery plan 'Next Generation EU' highlights **hydrogen as an investment priority** to boost economic growth and resilience, create local jobs and consolidate the EU's global leadership.



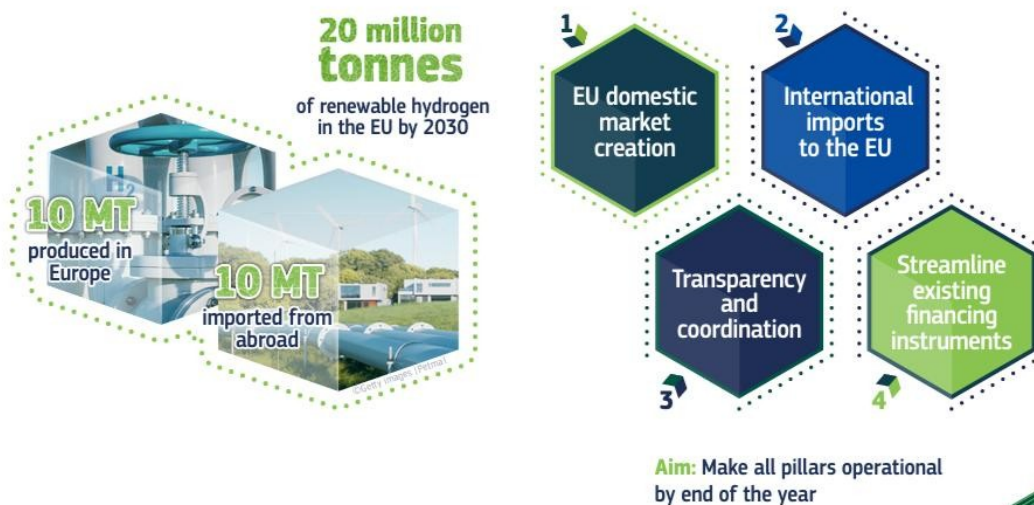
The path towards a European hydrogen eco-system step by step :





The REPowerEU plan targets:

The Four Pillars of the EU Hydrogen Bank:



Водень інтегрований до:

- European Green Deal;
- REPowerEU;
- Fit for 55;
- Hydrogen Bank;
- Clean Hydrogen Partnership.

Мета - прискорити виробництво і використання відновлюваного водню в країнах ЄС.

4.3. REPowerEU і розвиток водню

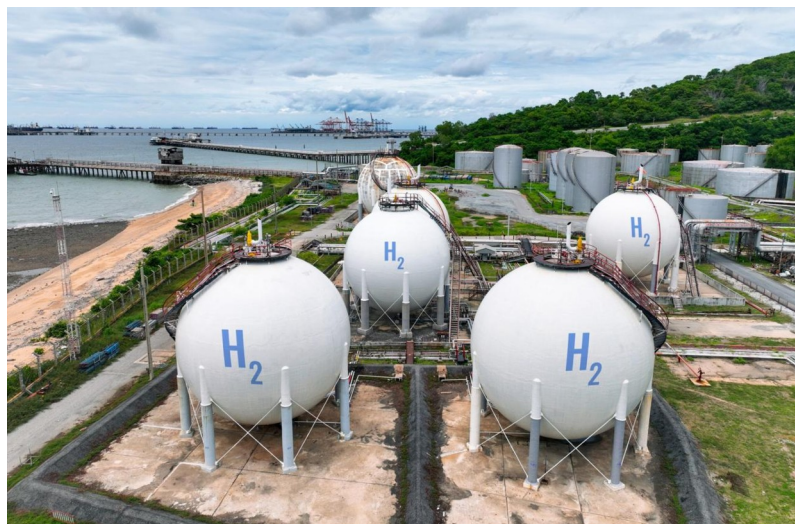
План REPowerEU визначає розвиток водневої інфраструктури одним із пріоритетів енергетичної безпеки.

Предбачено:

- збільшення виробництва зеленого водню;
- розвиток імпорту водню;
- будівництво водневих коридорів;
- розвиток електролізерів великої потужності.

5. Воднева інфраструктура та міжнародні водневі коридори

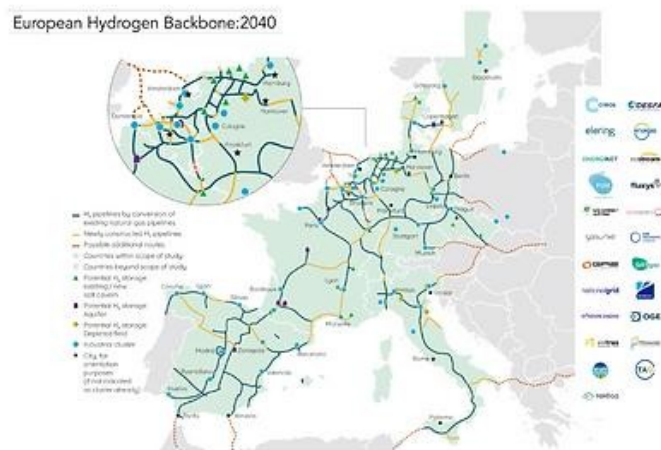
5.1. Що таке воднева інфраструктура?



До водневої інфраструктури належать:

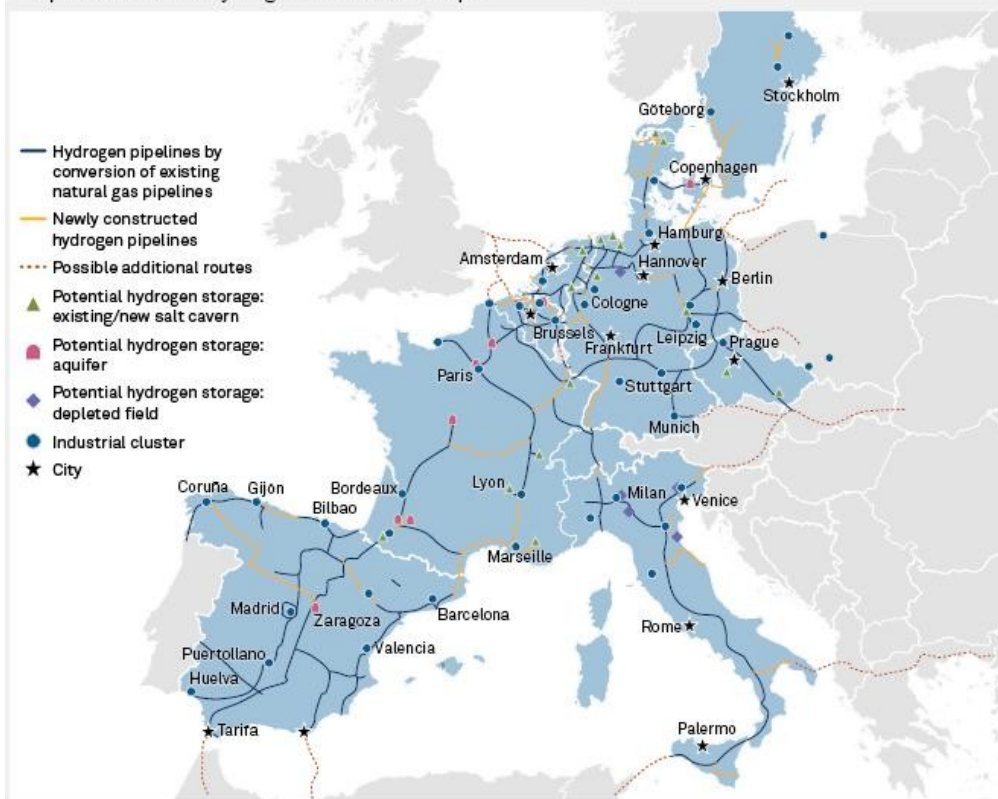
- електролізери;
- компресорні станції;
- сховища водню;
- трубопроводи;
- термінали;
- водневі заправні станції.

5.2. European Hydrogen Backbone

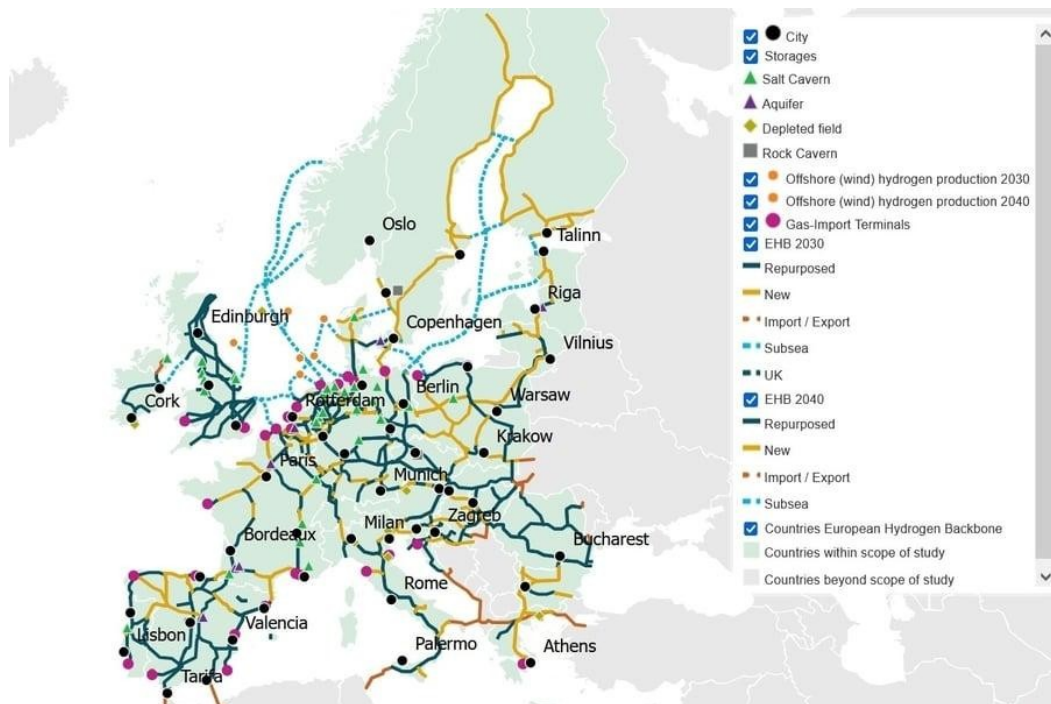


Redrawing the map

Proposal for a 2040 hydrogen network in Europe



As of July 2020.
Source: European Hydrogen Backbone Initiative



European Hydrogen Backbone — концепція створення масштабної мережі водневих трубопроводів у Європі.

Основні завдання:

- транспортування зеленого водню;
- використання частини існуючих газопроводів;
- створення міжнародних водневих маршрутів.

5.3. Міжнародні водневі коридори





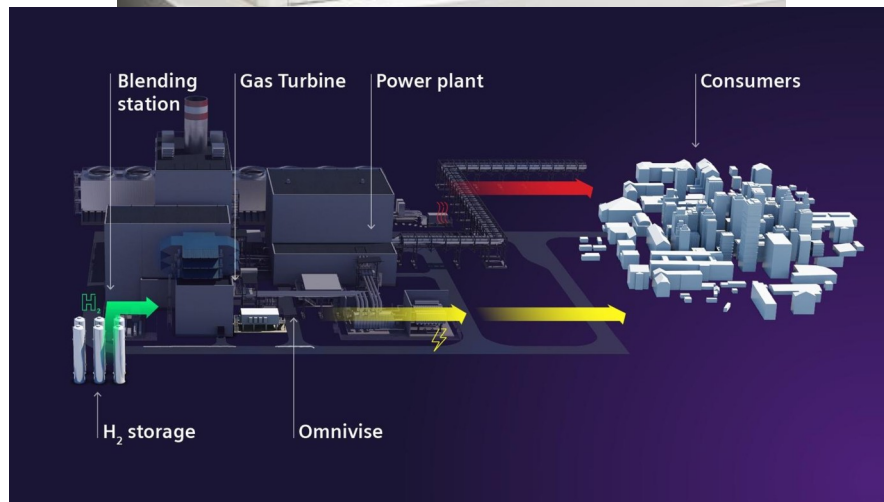
Європа розглядає декілька напрямів імпорту водню:

Коридор	Регіон
Південний водневий коридор	Північна Африка — Італія — Центральна Європа.
Балтійський	Північна Європа.
Північноморський	Нідерланди, Німеччина, Данія.
Східний напрям	Україна — країни Центральної Європи.

6. Використання водню в енергетиці

6.1. Водень в електроенергетиці





Основні способи використання:

- паливні елементи;
- газові турбіни;
- накопичення енергії;
- резервне електропостачання.

Водень дозволяє перетворювати надлишкову електроенергію ВДЕ назад в електроенергію у періоди дефіциту.

6.2. Водень у транспорті





Сфери застосування:

- автобуси;
- вантажний транспорт;
- залізниця;
- морський транспорт;
- авіація (перспективні технології).

6.3. Водень у промисловості





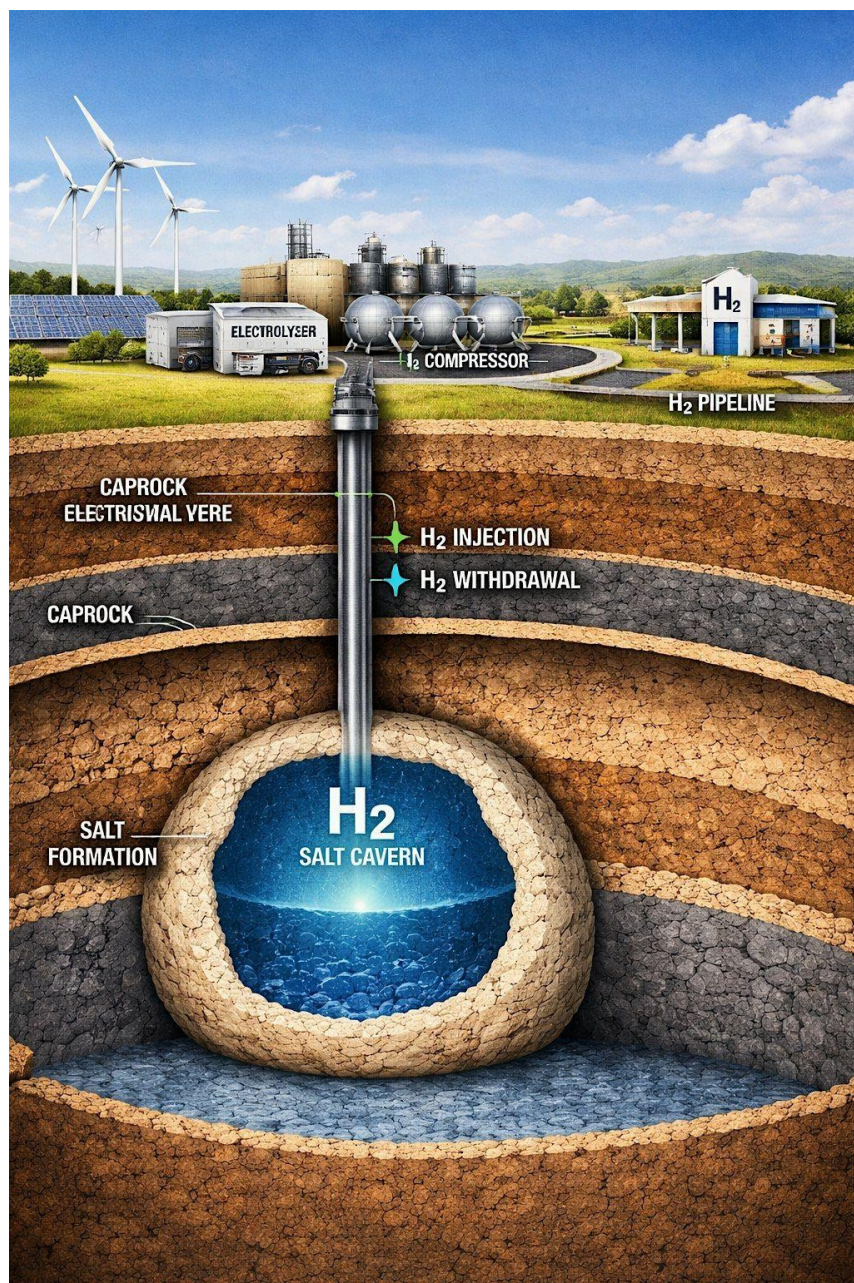
Основні напрями:

- виробництво сталі;
- аміак;
- хімічна промисловість;
- цементна промисловість;
- нафтопереробка.

7. Зберігання та транспортування водню

7.1. Методи зберігання





Метод	Особливості
Стиснений газ	Високий тиск.
Рідкий водень	Температура близько -253°C .
Підземні сховища	Соляні каверни.
Хімічні носії	Аміак, метанол, LOHC.

7.2. Транспортування водню



Способи транспортування:

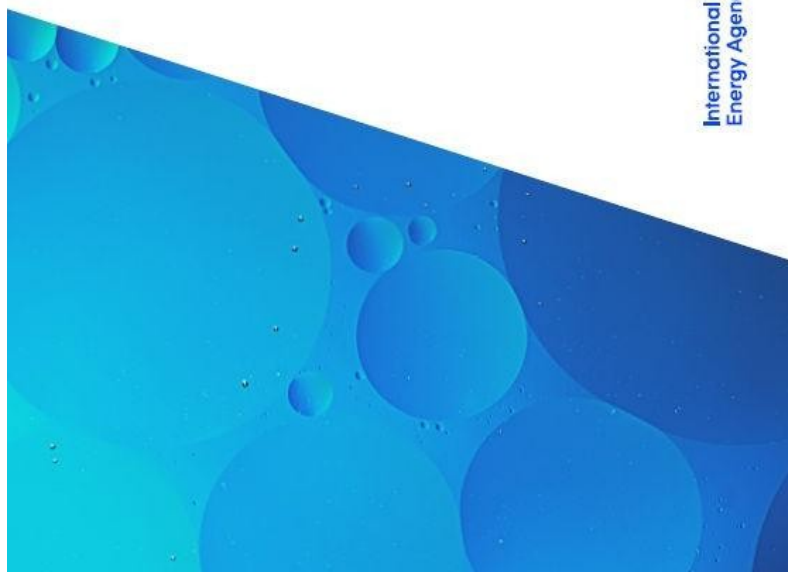
- трубопроводи;
- автоцистерни;
- залізничні цистерни;
- морські танкери;
- транспортування у вигляді аміаку.

8. Міжнародне науково-технічне співробітництво у сфері водневої енергетики

8.1. Основні міжнародні організації

Global Hydrogen Review 2025

International
Energy Agency



Co-funded by the
European Union

Водневі дослідження підтримують:

- International Energy Agency (IEA);
- Clean Hydrogen Partnership;
- Hydrogen Europe;
- Mission Innovation Hydrogen;
- Horizon Europe.

8.2. Clean Hydrogen Partnership



Vision

Support a sustainable hydrogen economy, contributing to EU's climate goals

Mission

Facilitate the transition to a greener EU society through the development of hydrogen technologies

EUROPEAN PARTNERSHIP



Co-funded by the European Union

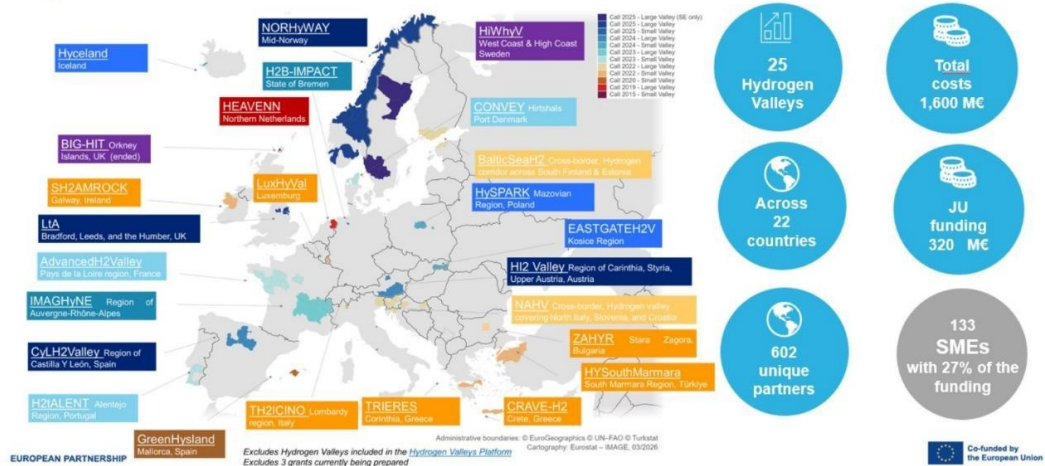


Clean Hydrogen Partnership

Repowering the EU with Hydrogen Valleys

Support to pre-FID activities & CAPEX

2



Напрями фінансування:

- електролізери;
- паливні елементи;
- транспорт;
- промисловість;
- накопичення;
- водневі долини (Hydrogen Valleys).

8.3. Horizon Europe



Програма підтримує:

- фундаментальні дослідження;
- демонстраційні проекти;
- міжнародні консорціуми;
- університетські дослідження.

9. Воднева стратегія України

9.1. Передумови розвитку водневої енергетики України



- Україна має значний потенціал:
- великі ресурси ВДЕ;

- розвинену газотранспортну систему;
- географічне положення між ЄС і Чорним морем;
- потужний науковий потенціал.

9.2. Потенціал України

Перевага України	Значення
Вітрова енергетика	Південь та узбережжя Чорного моря.
Сонячна енергетика	Південні області.
Газотранспортна система	Можливість адаптації під транспортування водню.
Підземні сховища	Перспективи сезонного накопичення.

9.3. Україна та Європейський водневий ринок





Україна розглядається як потенційний виробник та експортер зеленого водню до Європейського Союзу.

Основні напрями співробітництва:

- виробництво;
- транспортування;
- модернізація інфраструктури;
- міжнародні дослідження.

10. Міжнародне співробітництво України у сфері водню

10.1. Україна — Європейський Союз





Основні напрями:

- Green Deal;
- REPowerEU;
- Horizon Europe;
- Global Gateway;
- інтеграція до водневих коридорів.

10.2. Україна — Німеччина

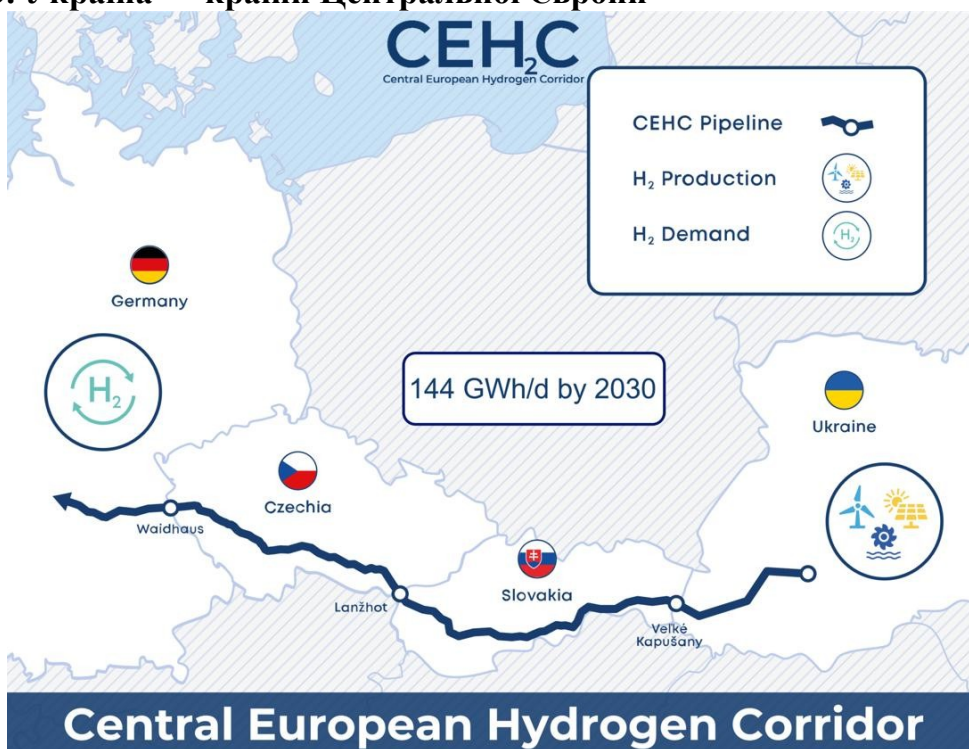




Спільні напрями:

- електролізери;
- дослідження;
- водневі долини;
- модернізація ГТС.

10.3. Україна — країни Центральної Європи





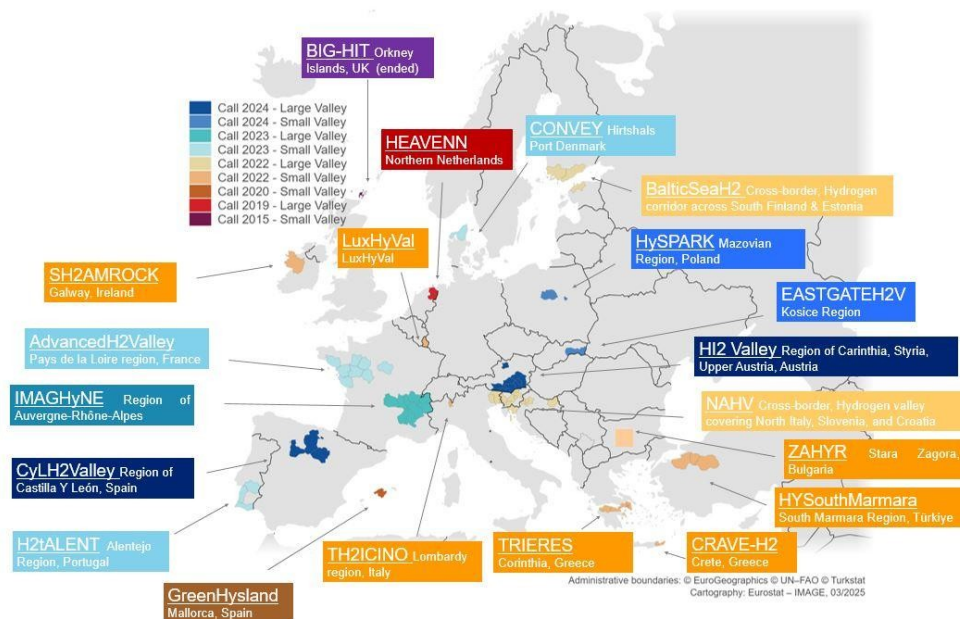
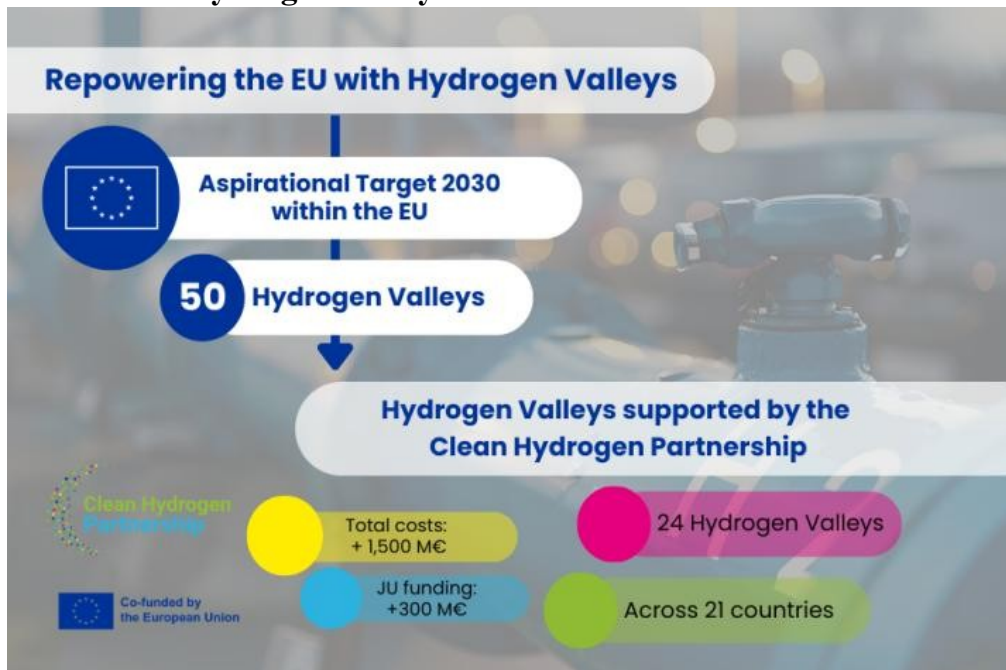
Співробітництво охоплює:

- Польщу;
- Словаччину;
- Чехію;
- Румунію;
- Угорщину.

Основні напрями — інтерконектори, транспортування та спільні дослідження.

11. Водневі долини (Hydrogen Valleys)

11.1. Поняття Hydrogen Valley



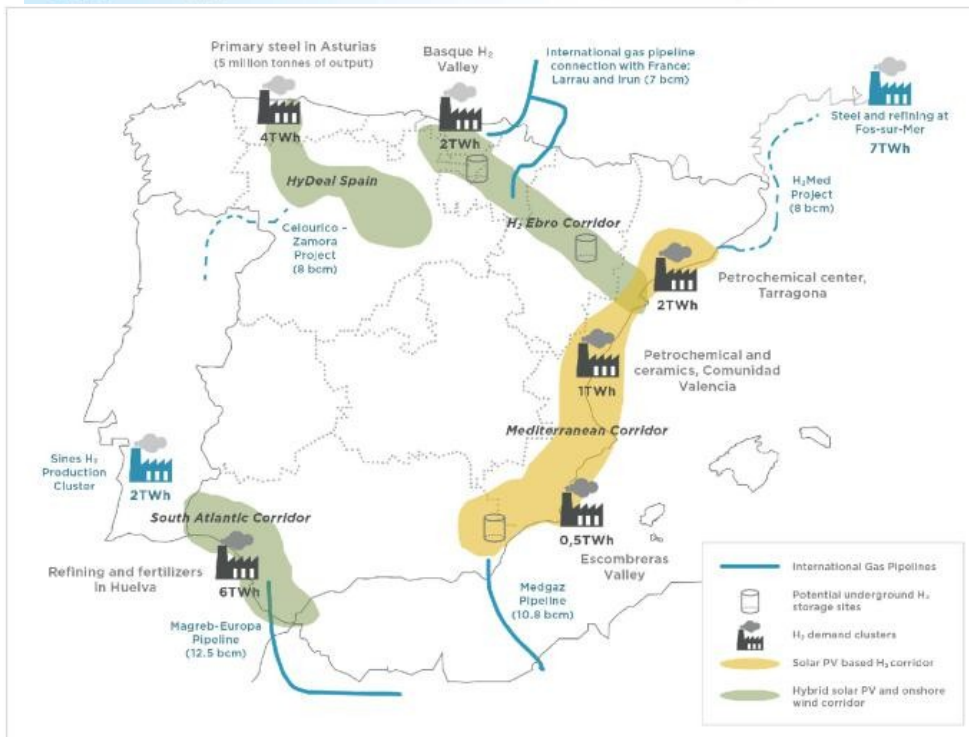
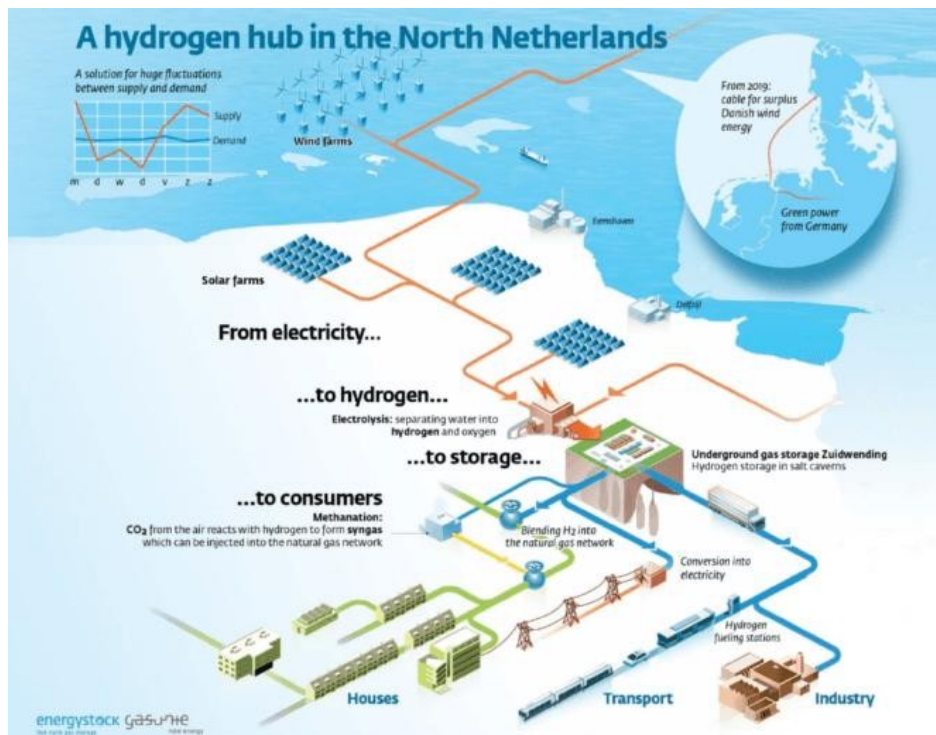


Hydrogen Valley — регіональна екосистема виробництва, транспортування та використання водню.

Елементи:

- ВДЕ;
- електроліз;
- транспорт;
- промисловість;
- накопичення.

11.2. Приклади водневих долин Європи



Європейські приклади:

- Нідерланди.
- Іспанія.
- Португалія.
- Франція.
- Німеччина.

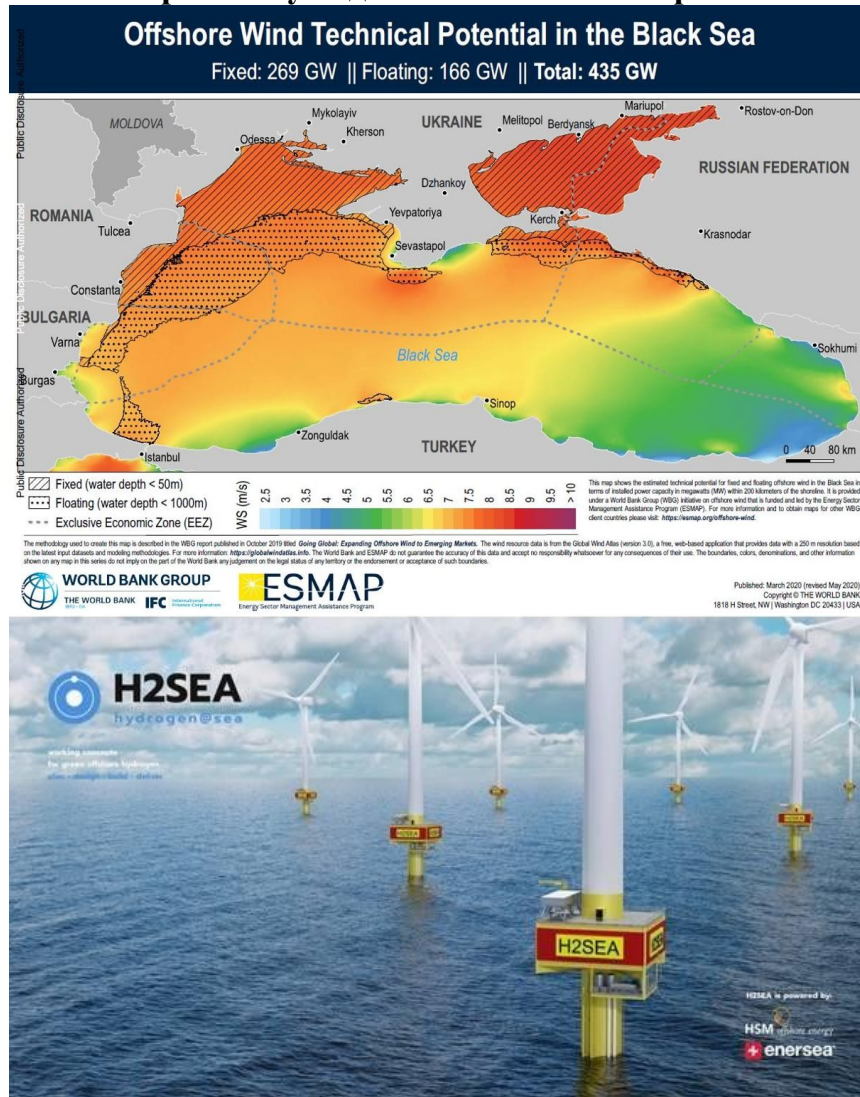
12. Виклики розвитку водневої енергетики

Основні виклики

Категорія	Основні проблеми
-----------	------------------

Технологічні	Ефективність електролізу, паливні елементи.
Економічні	Вартість виробництва зеленого водню.
Інфраструктурні	Будівництво трубопроводів і сховищ.
Екологічні	Рациональне використання водних ресурсів.
Регуляторні	Стандарти сертифікації водню.

13. Перспективи розвитку водневої економіки України



До перспектив належать:

- виробництво зеленого водню;
- модернізація ГТС;
- створення водневих кластерів;
- міжнародні інвестиції;
- розвиток університетських досліджень;
- підготовка інженерів нового покоління.

14. Значення теми для магістрів спеціальності 141

Майбутні інженери повинні володіти компетентностями щодо:

- технологій виробництва водню;

- інтеграції ВДЕ;
- паливних елементів;
- Smart Grid;
- моделювання водневих систем;
- міжнародних стандартів;
- проектного менеджменту міжнародних енергетичних проєктів.

Висновки

Воднева енергетика є одним із найважливіших напрямів сучасної міжнародної енергетичної політики та ключовою складовою глобального переходу до кліматично нейтральної економіки. Її розвиток відкриває можливості для декарбонізації промисловості, транспорту, електроенергетики та систем накопичення енергії, а також сприяє підвищенню енергетичної безпеки держав. Європейський Союз активно формує водневу економіку через реалізацію European Green Deal, REPowerEU, Fit for 55 та розвиток міжнародної водневої інфраструктури.

Для України воднева енергетика має стратегічне значення як напрям інтеграції до європейського енергетичного простору. Значний потенціал відновлюваних джерел енергії, розвинена газотранспортна система, підземні сховища газу та науково-технічний потенціал створюють передумови для виробництва, транспортування та експорту зеленого водню до країн Європейського Союзу. Міжнародне науково-технічне співробітництво, участь у програмах Horizon Europe, Clean Hydrogen Partnership та інших європейських ініціативах відкривають нові можливості для українських університетів, наукових установ і підприємств.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА:

1. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. ISBN 978-966-999-077-8
2. Закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо створення умов для запровадження комплексної термомодернізації будівель». Вилучено з <https://www.rada.gov.ua/news/razom/226459.html>
3. Wang D. Energy Policy and International Cooperation in Energy. Cham: Springer, 2025. 903 p. DOI: 10.1007/978-3-031-88451-1.
4. Hafner M., Luciani G. (eds.). The Palgrave Handbook of International Energy Economics. Cham: Palgrave Macmillan, 2022.
5. Пімоненко Т., Люльов О., Чигрин О., Леонов С., Ус Я. Зелена енергетика та безвуглецева економіка: найкращі практики країн Європейського Союзу : навч. посіб. Одеса : Олді+, 2023. 99 с.
6. Суходоля О. М., Харазішвілі Ю. М., Рябцев Г. Л. Енергетична безпека України: перспективна модель управління ризиками : монографія / за ред. О. М. Суходолі. Київ : НІСД, 2023. 150 с.
7. Соколовська Н. І., Матвійчук О. С., Червякова О. В. Механізми державного регулювання у забезпеченні енергетичної безпеки України : монографія. Полтава : ПУЕТ, 2022. 180 с.
8. За редакцією Козака Ю.Г., Ковалевського В.В., Логвінової Н.С та ін. Міжнародні організації: Навч. посібник/За ред. Козака Ю.Г., Ковалевського В.В., Логвінової Н.С. – К.: Центр навчальної літератури, 2009. - 223с.
9. ДП НАЕК «Енергоатом» 20 відповідей про централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива. ENTSO-E Vision A Power System for a Carbon Neutral Europe 10 October 2022.
10. [Synchronization with #ENTSO-E: necessary steps to integrate the Ukrainian market - YouTube](#)
11. [Grid Map](#)
12. <https://uk.wikipedia.org/wiki/ENTSO-E>
13. Україна на шляху до ENTSO-E. Усе про стратегічну мету Укренерго <https://www.youtube.com/watch?v=3NfwXB-eHJw&t=156s>
14. <https://www.entsoe.eu/data/map/>
15. Українські атомні станції хочуть замінити російське пальне на американське: які ризики https://www.youtube.com/watch?v=rYO_9iHgXpK&t=44s
16. СХОЯТ <https://www.youtube.com/watch?v=-nBf3jPxd5Y>
https://www.youtube.com/watch?v=dZCkjlPm_LE
17. European Commission. European Green Deal.
18. European Commission. European Climate Law.
19. Council of the European Union. Fit for 55 Package.
20. Council of the European Union. REPowerEU Plan.
21. European Commission. EU External Energy Engagements.
22. European Commission. National Energy and Climate Plans (NECPs).
23. European Commission. Global Gateway Strategy.
24. International Energy Agency (IEA). Digitalisation and Energy.
25. Перший в Україні енергокооператив https://www.youtube.com/watch?time_continue=26&v=zVzKUVmTaN8&embeds_euri=https%3A%2F%2Fglavcom.ua%2F&feature=emb_logo

26. «Енергетичний Перехід» - найбільший виклик часу для України
<https://ua.boell.org/uk/2017/11/15/energetichniy-perehid-naybilshiy-viklik-chasu-dlya-ukrayini>
27. <https://getmarket.com.ua/ua/news/sistemi-nakopichennya-energiyi-energy-storages-perspektivi-dlya-ukrayini>
28. <https://www.eesi.org/papers/view/energy-storage-2019#1>
29. <https://greensystem.com.ua/sistemy-nakopleniya-energii/sistemy-nakopleniya-energii-dlya-predpriyatii/promyslennye-sistemy-xraneniya-energii-bess-tekhnologiya>
30. <https://nakipelo.ua/sistemi-nakopichennya-energii-komu-i-dlya-chogo-voni-potribni/>
31. <https://greensystem.com.ua/sistemy-nakopleniya-energii/sistemy-nakopleniya-energii-dlya-predpriyatii/promyslennye-sistemy-xraneniya-energii-bess-tekhnologiya>
32. International Energy Agency (IEA). Digitalisation and Energy.
33. International Energy Agency (IEA). Artificial Intelligence and Energy.
34. European Commission. AI Continent Action Plan.
35. European Commission. Digitalisation of the Energy System.
36. European Commission. EU Data Strategy.
37. European Commission. EU External Energy Engagements.
38. European Commission. Horizon Europe Programme.
39. Відновлювані джерела енергії / За заг. ред. С.О. Кудрі. – Київ: Інститут відновлюваної енергетики НАНУ, 2020. – 392 с. ISBN 978-966-999-077-8
40. Закон «Про внесення змін до деяких законів України щодо створення умов для запровадження комплексної термомодернізації будівель». Вилучено з <https://www.rada.gov.ua/news/razom/226459.html>
41. ДП НАЕК «Енергоатом» 20 відповідей про централізоване сховище відпрацьованого ядерного палива. ENTSO-E Vision A Power System for a Carbon Neutral Europe 10 October 2022.
42. Олійник Ю. С. Міжнародне науково-технічне співробітництво: конспект лекцій для здобувачів вищої освіти ОС «магістр» денної форми здобуття освіти спец.: 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Ю. С. Олійник ; Укр. інж.-пед. акад. – Харків : УПА, 2022. – 36 с.
43. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. Вилучено з <https://de.com.ua/uploads/0/1703-EnergyStratagy2030.pdf>
44. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» Затверджено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р.
45. Розрахунок геліосистеми з фотоелектричними перетворювачами [Текст]: метод. рек. до викон. розрахункової роботи для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» /Уклад: В.І Шкляр, В.В. Дубровська, – К.: НТУУ «КПІ», 2015. – 52 с.
46. <https://voxukraine.org/najbilshe-z-susidamy-menshe-z-yevropejskymy-krayinamy-ta-ssha-z-yakymy-krayinamy-ukrayina-buduvala-robochi-zv-yazky-za-roky-nezalezhnosti/>
47. <https://careerhub.in.ua/careers-in-energy-are-cool/>
48. https://www.ive.org.ua/?page_id=583&lang=uk

49. <https://mon.gov.ua/ua/news/vidnovleno-diyu-ugodi-mizh-ukrayinoyu-ta-yevropejskim-soyuzom-pro-naukove-i-tehnologichne-spivrobitnictvo>
50. <https://uk.wikipedia.org/wiki/ENTSO-E>
51. <https://www.youtube.com/watch?v=3NfwXB-eHJw&t=156s>
52. <https://www.entsoe.eu/data/map/>
53. <https://www.youtube.com/watch?v=TBpNXyRu4Qk&t=70s>
54. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%AF%D0%B4%D0%B5%D1%80%D0%BD%D0%B0_%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80%D0%B3%D0%B5%D1%82%D0%B8%D0%BA%D0%B0_%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D0%B8
55. <https://www.entsoe.eu/data/map/>
56. Voitenko Serhii, Oberemok Zlata, Juergen Koeberlein-Kerler, Oliinyk Yuliia Implementation of energy saving measures in the framework of the international Ukrainian-German project/ Education and science of today: intersectoral issues and development of sciences: Collection of scientific papers «ΛΟΓΟΣ» with Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference, Cambridge, December 9, 2022. Cambridge-Vinnytsia: P.C. Publishing House & European Scientific Platform, 2022. – p. 106-111. ISBN 978-1-8380555-5-4, DOI 10.36074/logos-09.12.2022.28
57. Juergen K., Oliinyk Y., Oberemok Z. UKRAINE-GERMANY: COOPERATION IN THE FIELD OF ENERGY SAVING/ The 10th International scientific and practical conference “Innovative scientific research: theory and practice” (**November 21-24, 2023**) Stockholm, Sweden. International Science Group. 2023. p.428-434 ISBN – 979-8-89238-622-7 DOI – 10.46299/ISG.2023.2.10

Навчальне видання

Олійник Юлія Сергіївна

Войтенко Сергій Миколайович

**МІЖНАРОДНЕ НАУКОВО-ТЕХНІЧНЕ СПІВРОБІТНИЦТВО В
ЕНЕРГЕТИЦІ**

Конспект лекцій