

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра електротехніки і електроенергетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

Оцінка розвитку відновлюваних джерел енергії та його впливу на ринок
електроенергії та інфраструктуру мережі
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2м курсу, групи ДЕА-Е23мг
спеціальності: 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____/ Юрій РИБАС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/ Ірина ПАНТЄЛЄВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ Юрій СИЧОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Юлія ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Ігор КИРИСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Навчально – науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма Електричні станції, мережі та системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Артем ЧЕРНЮК

(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу дипломну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу вищої освіти **Юрію РИБАСУ**

1. Тема «Оцінка розвитку відновлюваних джерел енергії та його впливу на ринок електроенергії та інфраструктуру мережі»

затверджена наказом по академії № 4801-5/3345 від « 12 » 10 2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » 12 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту: види відновлюваних джерел, а саме: біопаливо; статистичні дані по одержанню та споживанню біопалива; параметри установок на біопаливі

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, які належить розробити):
ВСТУП; РОЗДІЛ 1 СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЯКА ЗАСНОВАНА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВІДНОВЛЕНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ; РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ; РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА РИНОК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРУ МЕРЕЖІ; ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

5.Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал):Слайди

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання« 12 » _____ 10 _____ 20 24 р.

Керівник

(підпис)

Ірина ПАНТЕЛЄЄВА

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

_____ Юрій РИБАС
(підпис) (ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної дипломної роботи

№ з/ п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Визначення актуальності теми дослідження	02.10.24 – 05.10.24	
2	Проведення аналізу наукової літератури	06.10.24 – 15.10.24	
3	Виконання першого розділу дипломної роботи	16.10.24 – 29.10.24	
4	Виконання другого та третього розділу дипломної роботи	30.10.24 – 26.11.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	27.11.24 – 07.12.24	

Студент (ка)

(підпис)

Юрій РИБАС

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Юлія ОЛІЙНИК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Реферат до магістерської роботи з теми «Оцінка розвитку відновлюваних джерел енергії та його впливу на ринок електроенергії та інфраструктуру мережі» Юрія РИБАСА

Магістерська робота виконана на _____ сторінок, містить _____ таблиць, _____ рисунків, що характеризують результати дослідження, використано _____ літературних джерел.

Відомо, що сучасний період розвитку суспільства прийнято називати Четвертою промисловою революцією, або Індустрією 4.0 [4]. Особливістю її є те, що сучасне суспільство стало приділяти особливу увагу проблемам довкілля та екології.

Головною технологічною проблемою використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є нерегулярне виробництво електроенергії, що залежить від погодних умов. Це вимагає компенсації браку енергії під час безвітряних періодів або вночі для забезпечення балансу в енергосистемі. Компенсацію здійснюють традиційні електростанції, які змушені збільшувати виробництво, коли спостерігається нестача потужності.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи: проведення аналітичного аналізу розвитку відновлюваних джерел енергії у теперішній час та його впливу на ринок електроенергії і мережеву інфраструктуру.

Об'єкт дослідження: процес виробництва електроенергії в енергосистемах з використанням ВДЕ.

Предмет дослідження: вплив технологій ВДЕ на ринок електроенергії та інфраструктуру електричних мереж

Ключові слова: електроенергія, нетрадиційні джерела енергії, відновлювальні джерела енергії, розподілена генерація, моніторинг, електрична мережа

ABSTRACT

for the master's thesis on the topic "Assessment of the development of renewable energy sources and its impact on the electricity market and network infrastructure" by
Yuriy RIBAS

The master's work is executed on ____ pages, contains ____ tables, ____ drawings, which characterize the results of research, used literary sources____.

It is known that the current period of social development is commonly referred to as the Fourth Industrial Revolution, or Industry 4.0. Its peculiarity is that modern society has begun to pay special attention to environmental and ecological problems.

The main technological problem with renewable energy sources (RES) is their irregular, weather-dependent electricity production. This requires compensation for the lack of energy during windless periods or at night to ensure balance in the power system. This compensation is carried out by traditional power plants, which are forced to increase production when there is a capacity shortage.

The purpose of the master's qualification work: conducting an analytical analysis of the development of renewable energy sources at the present time and its impact on the electricity market and network infrastructure.

Object of research: the process of electricity production in power systems using renewable energy sources.

Subject of research: the impact of renewable energy technologies on the electricity market and electricity network infrastructure.

Key words: energy, non-traditional energy, renewable energy, fuel and energy distributed generation, monitoring, dynamic stability, electrical network

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна
Навчально-науковий інститут «Українська інженерно-педагогічна академія»
Кафедра електротехніки і електроенергетики

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему

Оцінка розвитку відновлюваних джерел енергії та його впливу на ринок
електроенергії та інфраструктуру мережі
(тема кваліфікаційної роботи)

Виконав: студент 2м курсу, групи ДЕА-Е23мг
спеціальності: 141 Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

_____/ Юрій РИБАС
(підпис) (ім'я та прізвище)

Керівник _____/ Ірина ПАНТЄЛЄЄВА
(підпис) (ім'я та прізвище)

Рецензент _____/ Юрій СИЧОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри _____/ Артем ЧЕРНЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Нормоконтроль _____/ Юлія ОЛІЙНИК
(підпис) (ім'я та прізвище)

Секретар ЕК _____/ Ігор КИРИСОВ
(підпис) (ім'я та прізвище)

Харків – 2024 рік

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА

Навчально – науковий інститут Українська інженерно-педагогічна академія
Кафедра електротехніки та електроенергетики
Спеціальність 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма Електричні станції, мережі та системи

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

(підпис)

к.т.н., доцент Артем ЧЕРНЮК

(науковий ступінь, вчене звання, ім'я, прізвище)

« ____ » _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу дипломну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти

здобувачу вищої освіти **Юрію РИБАСУ**

1. Тема «Оцінка розвитку відновлюваних джерел енергії та його впливу на ринок електроенергії та інфраструктуру мережі»

затверджена наказом по академії № 4801-5/3345 від « 12 » 10 2024 р.

2. Термін здачі закінченої роботи « 10 » 12 2024 р.

3. Вихідні дані до роботи/проєкту: види відновлюваних джерел, а саме: біопаливо; статистичні дані по одержанню та споживанню біопалива; параметри установок на біопаливі

4. Зміст роботи/проєкту (перелік питань, які належить розробити):
ВСТУП; РОЗДІЛ 1 СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЯКА ЗАСНОВАНА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВІДНОВЛЕНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ; РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ; РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА РИНОК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРУ МЕРЕЖІ; ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

5. Перелік графічного матеріалу (презентаційний матеріал): Слайди

6. Консультант:

Розділ	Консультант	Підпис, дата		Оцінка (бали)
		Завдання видав	Завдання прийняв	

7. Дата видачі завдання« 12 » _____ 10 _____ 20 24 р.

Керівник

(підпис)

Ірина ПАНТЕЛЄЄВА

(ім'я, прізвище)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

Юрій РИБАС

(ім'я, прізвище)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН-ГРАФІК
виконання кваліфікаційної дипломної роботи

№ з/ п	Назва етапів роботи та питань, які мають бути розроблені відповідно до завдання	Термін виконання	Позначки керівника про виконання завдань
1	Визначення актуальності теми дослідження	02.10.24 – 05.10.24	
2	Проведення аналізу наукової літератури	06.10.24 – 15.10.24	
3	Виконання першого розділу дипломної роботи	16.10.24 – 29.10.24	
4	Виконання другого та третього розділу дипломної роботи	30.10.24 – 26.11.24	
5	Оформлення пояснювальної записки	27.11.24 – 07.12.24	

Студент (ка)

(підпис)

Юрій РИБАС

(ім'я, прізвище)

Нормоконтроль

(підпис)

Юлія ОЛІЙНИК

(ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Реферат до магістерської роботи з теми «Оцінка розвитку відновлюваних джерел енергії та його впливу на ринок електроенергії та інфраструктуру мережі» Юрія РИБАСА

Магістерська робота виконана на _____ сторінок, містить _____ таблиць, _____ рисунків, що характеризують результати дослідження, використано _____ літературних джерел.

Відомо, що сучасний період розвитку суспільства прийнято називати Четвертою промисловою революцією, або Індустрією 4.0 [4]. Особливістю її є те, що сучасне суспільство стало приділяти особливу увагу проблемам довкілля та екології.

Головною технологічною проблемою використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є нерегулярне виробництво електроенергії, що залежить від погодних умов. Це вимагає компенсації браку енергії під час безвітряних періодів або вночі для забезпечення балансу в енергосистемі. Компенсацію здійснюють традиційні електростанції, які змушені збільшувати виробництво, коли спостерігається нестача потужності.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи: проведення аналітичного аналізу розвитку відновлюваних джерел енергії у теперішній час та його впливу на ринок електроенергії і мережеву інфраструктуру.

Об'єкт дослідження: процес виробництва електроенергії в енергосистемах з використанням ВДЕ.

Предмет дослідження: вплив технологій ВДЕ на ринок електроенергії та інфраструктуру електричних мереж

Ключові слова: електроенергія, нетрадиційні джерела енергії, відновлювальні джерела енергії, розподілена генерація, моніторинг, електрична мережа

ABSTRACT

for the master's thesis on the topic "Assessment of the development of renewable energy sources and its impact on the electricity market and network infrastructure" by
Yuriy RIBAS

The master's work is executed on ____ pages, contains ____ tables, ____ drawings, which characterize the results of research, used literary sources____.

It is known that the current period of social development is commonly referred to as the Fourth Industrial Revolution, or Industry 4.0. Its peculiarity is that modern society has begun to pay special attention to environmental and ecological problems.

The main technological problem with renewable energy sources (RES) is their irregular, weather-dependent electricity production. This requires compensation for the lack of energy during windless periods or at night to ensure balance in the power system. This compensation is carried out by traditional power plants, which are forced to increase production when there is a capacity shortage.

The purpose of the master's qualification work: conducting an analytical analysis of the development of renewable energy sources at the present time and its impact on the electricity market and network infrastructure.

Object of research: the process of electricity production in power systems using renewable energy sources.

Subject of research: the impact of renewable energy technologies on the electricity market and electricity network infrastructure.

Key words: energy, non-traditional energy, renewable energy, fuel and energy distributed generation, monitoring, dynamic stability, electrical network

ВСТУП

Актуальність. Одним з помітних явищ останнього десятиріччя, яке викликало геополітичні та соціально-економічні наслідки, стала енергетична трансформація, пов'язана з розвитком технології альтернативної енергетики. Альтернативна енергетика поєднує технології підвищення енергетичної ефективності та технології використання енергії, яка виробляється відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ), що дозволяє здійснювати інноваційний розвиток відразу з декількох напрямків [1].

Використання альтернативної енергетики сприяє прискоренню модернізації економіки; підвищує рівень економічної безпеки; принципово змінює якість економічного зростання; йде оновлення енергетичної інфраструктури за рахунок заміни застарілого обладнання; зменшує енергетичну залежність національної економіки від викопного палива. Використання ВДЕ дозволяє національним економікам досягати високих темпів зростання при одночасному зниженні викидів парникових газів [2,3].

Саме тому розвиток технологій альтернативної енергетики можна розглядати у якості потужного драйвера інноваційного розвитку та основи для формування низьковуглецевої («зеленої») економіки.

Відомо, що сучасний період розвитку суспільства прийнято називати Четвертою промисловою революцією, або Індустрією 4.0 [4]. Особливістю її є те, що сучасне суспільство стало приділяти особливу увагу проблемам довкілля та екології.

Не дивлячись на значні вигоди від застосування ВДЕ, є ряд перешкод, що гальмують розвиток таких технологій:

- Технології ВДЕ відрізняє дорожнеча їх використання по зрівнянню із застосуванням традиційних джерел генерації;
- Структурна перебудова енергетики, яка має на увазі капіталоємні виробничі фонди, потребує суттєвих витрат;

- Для удосконалення і модернізації технологій ВДЕ необхідні значні фінансові ресурси;
- Має місце нестача кваліфікованих кадрів, відсутність досвіду роботи;
- Недооцінка важливості розвитку технологій ВДЕ сповільнює здійснення рішень, які приймаються урядом.

Головною технологічною проблемою використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) є нерегулярне виробництво електроенергії, що залежить від погодних умов. Це вимагає компенсації браку енергії під час безвітряних періодів або вночі для забезпечення балансу в енергосистемі. Компенсацію здійснюють традиційні електростанції, які змушені збільшувати виробництво, коли спостерігається нестача потужності. Отже, зростання частки ВДЕ потребує обов'язкового залучення традиційних джерел. Одним із можливих рішень цієї проблеми є впровадження ефективних накопичувачів енергії, які ще перебувають на стадії розробки. Хоча вартість електроенергії з ВДЕ має тенденцію до зниження, наразі вона залишається високою в багатьох країнах. Але вплив ВДЕ на ринок електроенергії у широкому сенсі досі не досліджений, не оцінений і вплив на мережеву інфраструктуру.

Мета магістерської кваліфікаційної роботи: проведення аналітичного аналізу розвитку відновлюваних джерел енергії у теперішній час та його впливу на ринок електроенергії і мережеву інфраструктуру.

Об'єкт дослідження: процес виробництва електроенергії в енергосистемах з використанням ВДЕ.

Предмет дослідження: вплив технологій ВДЕ на ринок електроенергії та інфраструктуру електричних мереж.

Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити наступні **задачі:**

- Визначити проблеми та особливості сучасного етапу розвитку світової енергетики;
- Виявити пріоритетні напрямки розвитку видів відновлюваних джерел енергії;
- Розглянути структурні особливості розвитку енергетики світу;

- Проаналізувати використання відновлюваних джерел у країнах Європейського Союзу (на прикладі деяких країн);
- Проаналізувати вплив розвитку ВДЕ на інфраструктуру мережі.

Методи дослідження. У процесі вирішення поставлених завдань використовувалися: системний, порівняльно-правовий; управління режимами електроенергетичних систем; комп'ютерного моделювання.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЯКА ЗАСНОВАНА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ

1.1. Основні проблеми сучасного етапу розвитку світової енергетики

Сучасна ситуація на світовому енергетичному ринку вносить зміни у існуючі, а також формує нові напрямки енергетичної політики країн світу. Практика взаємовідносин, яка склалася, між основними світовими споживачами та виробниками енергоресурсів все менше влаштовує як один, так і інший бік. Таким чином, створюються нові умови розвитку глобальної економіки, виникають нові виклики, що безпосередньо впливають на формування енергетичної політики окремих країн.

Ці виклики змінюють структуру ринка, а також багато в чому збільшують споконвічно закладений конфлікт інтересів імпортерів та експортерів, зумовлений географічно нерівномірним розподілом ресурсів, і роблять процес балансування даних інтересів украй складним. З одного боку, відбувається формування нових центрів споживання енергоносіїв, насамперед у Південно-Східній Азії та КНР, з іншого – стає все більш очевидною необхідність розробки нових родовищ в Африці, Центральній Азії, Каспії тощо в силу того, що ресурсна вуглеводнева база, що використовується в даний час близька до вичерпання. У цих умовах відбувається посилення уваги до проблеми забезпечення енергетичної безпеки країн.

Однак принципи формування енергетичної політики, а також саме розуміння енергетичної безпеки суттєво розрізняються між країнами-імпортерами та країнами-експортерами. При цьому єдиної енергетичної політики для всіх країн світу як не існувало, так немає і зараз.

Питання енергетичної безпеки останнім часом стає все більш значущим для всіх учасників ринку. По праву його можна вважати одним з основних нових викликів сучасної енергетики, з яким зіткнулися не тільки розвинені країни, але й світ, що розвивається.

Історія взаємин країн-експортерів та країн-імпортерів енергоресурсів, насамперед вуглеводнів, характеризується постійним посиленням процесу поляризації цих двох груп країн. У 20-х роках ХХ століття приплив великої кількості дешевої нафти з країн Близького Сходу призвело до різкого скорочення робіт з геологорозвідки в розвинених державах, що помітно знизило темпи зростання видобутку вуглеводнів у цих країнах. Відсутність власної розвинутої сировинної бази в економічно розвинених країнах, а також процес переорієнтації на імпортні постачання нафти та газу багато в чому призвів до збільшення їхньої залежності від закордонних експортерів енергоносіїв. Світовий ринок енергоносіїв став все виразніше набувати обрисів ринку продавця, на якому для імпортерів головним завданням стало вирішення питання гарантованих поставок сировини за погодженими цінами, а для експортерів – створення гарантованих ринків збуту своєї продукції.

За останні кілька років чергове загострення ситуації на світовому ринку вуглеводнів відбулося після виникнення конфлікту на Близькому Сході, коли була поставлена під сумнів надійність поставок нафти з країн Перської затоки. Тут же позначилося і суттєве зростання попиту на нафту і газ зі сторони КНР та Індії при обмежених можливостях розробки старих родовищ. Відсутність достовірної інформації про наявні світові запаси нафти і газу також значною мірою вплинули на посилення невпевненості у рівні майбутніх цін на дані енергоносії. В умовах, що склалися, країни-споживачі енергоресурсів на сьогоднішній день розглядають основними складовими своєї енергетичної безпеки невисокі та прогнозовані закупівельні ціни, гарантований графік поставок та забезпечення необхідного обсягу поставок енергоносіїв.

У свою чергу для країн-експортерів енергоносіїв визначальним показником економічного розвитку стає передбачуваність цін та своїх доходів. Можливість прогнозування виручки від продажу енергоносіїв на довгостроковий період на тлі постійно зростаючої світової ціни на нафту є пріоритетом енергетичної політики цих країн, що гарантує їм енергетичну безпеку.

Таким чином, стає очевидним важливість іншого виклику світового ринку енергетики на сучасному етапі, а саме - відсутності єдиної енергетичної політики у світі.

Іншим надзвичайно важливим викликом світової енергетики на сучасному етапі розвитку є все найбільш очевидний факт гострого дефіциту енергоресурсів у найближчому майбутньому. Так, за оцінками Міжнародного енергетичного агентства (ІЕА) на горизонті 2030 року зростання сумарного споживання первинних енергоресурсів (ПЕР) у світі становитиме близько 54%. І лідерами за темпами зростання енергоспоживання будуть країни, що динамічно розвиваються (країни Південно-Східної Азії, КНР, Індія, Україна та ін). Сумарне збільшення ПЕР до 2030 р. становитиме близько 8 000 млн тонн умовного палива (рис.1.1).

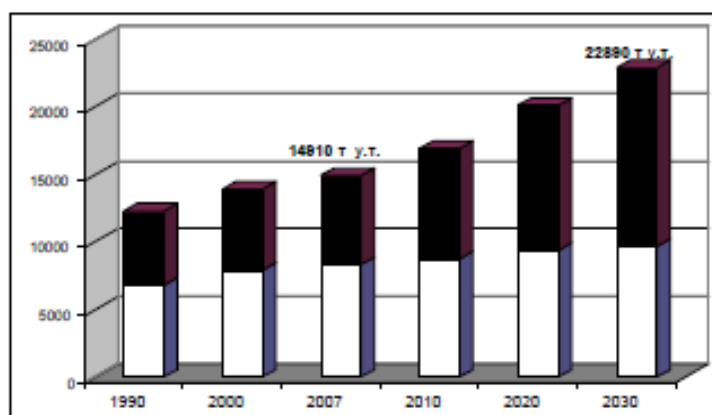


Рисунок 1.1 – Прогноз світового споживання первинних енергоносіїв (червоний колір – країни, що розвиваються, та країни з перехідною економікою; синій – промислово розвинуті країни)

З метою задоволення потреб глобальної економічної системи в енергоресурсах, які збільшаться через 20-25 років, по вищенаведеним оцінкам, у середньому у півтора рази, необхідне вирішення питання відповідного збільшення існуючої потужності з виробництва електро- та теплової енергії. Так, за оцінками Всесвітній Ядерної Асоціації (WNA), до 2030 року для задоволення енергетичного попиту буде потрібно введення понад 3500 ГВт

додаткової електрогенеруючої потужності. Прогнозні оцінки потреб у додаткової електрогенеруючої потужності до 2030 р. по регіонах світу, з урахуванням технічного зносу існуючої потужності, представлені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Оцінка потреб у додатковій потужності у регіонах світу до 2030 р., ГВт

Регіон	Потреба додаткової потужності	в Масштаб технічного зносу	Разом
Північна Америка	570	300	870
Південна Америка	190	120	310
Європа	190	370	560
Україна	220	120	340
Південна Азія	270	30	300
Ближній Схід та Північна Африка	130	80	210
Центральна та Південна Африка	70	20	90
АТР	880	60	940
Разом у світі	2520	1100	3620

Це завдання дуже важко здійснити через серйозні обмеження світової ресурсної бази. Існуюча структура світового енергобалансу, що характеризується переважанням вуглеводнів (нафти, газу та вугілля), не може бути масштабована відповідно до прогнозованого зростання енергоспоживання. Ні геологічні запаси нафти та газу, ні виробничі, транспортні та розподільчі потужності нафтогазових світових компаній не в змозі задовольнити дворазове збільшення попиту на електричну та теплову енергію у найближчі 20-25 років.

У ситуації, що складається, розвинені країни, що є нетто-імпортерами нафти та газу (в основному це країни-члени ОЕСР, на які припадає понад 2/3

всіх вироблених товарів та послуг у світі), стоять перед питанням переходу до енергоносіїв, альтернативним нафти та газу.

У цьому сенсі існує кілька варіантів. Перший – повернення до масштабного використання вугілля. При цьому виникають принаймні дві серйозні проблеми. Це «екологічно чисті» технології переробки вугілля, недостатній ступінь опрацювання яких не дозволяє реалізувати їх масштабне промислове використання та розвиток інфраструктури з транспортування вугілля. Останнє вимагатиме значних інвестицій у розвиток транспортної мережі, необхідної для переміщення вугілля, що видобувається. Розмір даних капітальних вкладень нині навіть приблизно не визначено.

Іншим теоретично можливим варіантом зміни структури світового енергобалансу в умовах високих цін на вуглеводні є масштабне застосування відновлюваних джерел енергії (біопалива, енергії вітру, Сонця тощо).

Однак частка так званих нетрадиційних джерел енергії (вітрової, сонячної, припливів) у загальній структурі енергетичних джерел нині вбирається у 4-6% по світу. Високі капітальні, експлуатаційні та інші витрати до сьогодні не дозволяють вивести їх на глобальний рівень і зробити реальною альтернативою вуглеводням.

Слід зазначити, що у період із 1990 по 2016 рр. у розвинутих країнах, незважаючи на їх активну політику, постачання первинної відновлюваної енергії (ВЕ) збільшилося незначно - з 262 млн до 337 млн т нафтового еквіваленту. Це збільшення відповідало загальному зростанню споживання енергії, тому частка ВЕ у загальній структурі енергоспоживання майже не змінилася – 5,8 та 5,9% відповідно.

Сьогодні стає очевидним, що процес створення конкурентоспроможної технології в області нетрадиційної енергетики, здатної зайняти значну частку у загальному світовому енергобалансі, навіть за умови прийняття відповідних політичних рішень та масштабних інвестицій може зайняти не одне десятиліття.

У цьому сенсі певним «буфером» у світовій енергетиці, здатним пом'якшити наслідки зростаючої різниці між потребами в енергії та реальними виробничими можливостями, виступає атомна енергетика. Атомну енергетику, що є інноваційним нетрадиційним джерелом енергії в 20 столітті, на сьогоднішній день вже зараховують до рангу традиційного. Етап бурхливого будівництва АЕС у минулому столітті змінився періодом спаду та відмови від енергії атома. Політичне рішення про закриття атомної енергетики в ряді країн, викликане декількома великими аваріями на атомних енергоблоках (у СРСР, США), були причиною «заморожування» програм зі збільшення реакторного парку АЕС (у тому числі й у США). Ядерна енергетика не здобула належного світового розвитку і на сьогоднішній день частка електроенергії, виробленої на АЕС, становить близько 16% у світовому енергобалансі. Однак, незважаючи на це, низка економічно розвинених країн, в першу чергу Франція, Японія, США та Україна, не припиняли діяльність щодо вдосконалення наявних та створення нових проектів атомних станцій у рамках національних та міжнародних програм. Як результат цієї роботи в основних ядерних державах світу можна назвати наявність низки сучасних проектів АЕС (з енергоблоками покоління III і III+), які мають ефективні багаторівневі системи безпеки та високі економічні показники. Таким чином, сьогоднішні АЕС, маючи ряд незаперечних переваг, таких як високий рівень безпеки, фактична відсутність викидів CO₂ в атмосферу, високі економічні показники, а також відсутність прямої залежності від світових цін на вуглеводні стають одним з основних можливих варіантів подолання глобальної енергокризи як мінімум на горизонті 2030-40 рр., тобто до моменту можливого масового впровадження принципово нової альтернативної технології виробництва енергії [5,6].

Іншими словами, сьогодні стає очевидним факт відсутності реальної альтернативи нафти та газу з боку вугілля та нетрадиційних джерел енергії, а також і те, що проблему задоволення світового попиту на енергію на даному етапі розвитку енергетики в змозі вирішити лише атомна енергетика, хоча, на

думку експертів, у цій галузі існують високі ризики. У цьому складається ще одна важлива особливість сучасної енергетики.

Значну роль у подальшому розвитку світової енергетики зараз грає також проблема енергоресурсозбереження. Проте ресурсозберігаючі технології не зможуть скоротити абсолютні обсяги енергоспоживання, вони покликані знизити його темпи зростання. Згідно з прогнозами Міжнародного енергетичного агентства енергоємність світової економіки поступово знижуватиметься (в основному за рахунок розвинених країн), але лінійна залежність між зростанням ВВП та збільшенням енергоспоживання збережеться. Зростання світової економіки, як і раніше, викликатиме збільшення попиту на енергоносії. Їхнє споживання сповільниться і все більше відставатиме від темпів зростання світового ВВП.

Цікаво також зазначити, що причини високої енергоємності економіки можуть бути різними. На енергоємність країни можуть впливати як природно-кліматичні умови, так і галузева структура економіки. Так наприклад, високу енергоємність економіки України (рівень споживання енергоресурсів у країні, що розраховується за допомогою коефіцієнта, «кілограм нафтового еквівалента на один долар ВВП, оціненого за паритетом купівельної спроможності (ПКС)»), більшою мірою визначає структура галузевого господарювання. Так, якщо в Україні рівень споживання енергоресурсів складає 0,5 кг нафтового еквівалента на кожен долар ВВП, оціненого за ПКС, то у більшості розвинених країн він знаходиться в інтервалі 0,2-0,25 кг. Навіть у країнах Скандинавії та Канаді цей показник дорівнює відповідно 0,19-0,22 та 0,3 кг. Це означає, що Україна щорічно витрачає великий обсяг енергоресурсів не через те, що є «холодною країною», а через переважання у структурі економіки енерговитратних галузей, таких як металургійна та хімічна галузі. А за рівнем споживання первинної енергії на одну людину Україна якраз відповідає середньому рівню розвинутих країн, хоча, начебто, даний показник має бути набагато більшим.

Також під час проведення аналізу споживання енергоносіїв в Україні стає очевидним, що структура енергобалансу (на яких типах електростанцій скільки виробляється електроенергії) Україна є не цілком раціональною. На теплові станції припадає 66,5% енергії, що виробляється, на гідроелектростанції - 14,7% і на атомні станції - 15,9% [7]. Виробляючи основний обсяг електроенергії на теплових станціях крім заподіяння серйозної шкоди екології, витрачаються невідновлювані та дефіцитні як у світовому масштабі, і на сьогодні вже нечисленні для України ресурси.

Наступним викликом світового енергетичного ринку, який значною мірою впливає також і на економіку України, стає той факт, що загострення ситуації в енергетиці набуває міжгалузевого значення. Ряд галузей світової економіки починають безпосередньо зазнавати негативних наслідків високих цін та нестачі первинних енергоносіїв. Так, наприклад, галузь сільського господарства та продовольчий сектор стають безпосередньо залежними від паливно-енергетичного комплексу та енергетики в цілому. А деякі товари – кукурудза (ріпак, соя тощо) та біодизель певною мірою стають товарами-субститутами. Раніше таке можна було важко уявити, так як біодизель міг розглядатися лише як одна із витратних складових у структурі ціни на продукти сільського господарства (зернові, соєві та ін. культури). Зараз же перераховані вище культури можуть бути використані також для виробництва біопалива.

Лідерами з виробництва альтернативного палива є США та Бразилія. Також останнім часом виробництво біодизеля почало розвиватися і в Європейському Союзі.

У Північноамериканському регіоні виробництво альтернативного виду пального – етанолу, на відміну від Бразилії (там етанол отримують з цукрової тростини) здійснюється з кукурудзяних злаків. Причому масштабне використання саме цього джерела біопалива значною мірою було обумовлено лобістською політикою, у свій час проведений великими національними виробниками кукурудзи, а також найбільшим виробником етанолу в США

компанією ADM. Хоча поряд із кукурудзою існує також виробнича можливість отримання біопалива з деревної стружки, злакових трав тощо. Масштабне захоплення етанолом на основі кукурудзи також пояснюється державною підтримкою. Федеральний уряд США надає виробникам етанолу знижку у розмірі 51 цента на один галон виробленого етанолу, а більшість американських штатів надають також додаткові субсидії. На даний момент більша частина врожаю кукурудзи в США йде на потреби крупних виробників етанолу, а збільшення попиту на етанол у 2007 році призвело до зниження запасів кукурудзи до мінімального рівня майже десятирічної давності, коли внаслідок сильної посухи врожай практично був відсутній. На сьогоднішній момент ціна за бушель кукурудзи становить близько 600 доларів і, по прогнозним оцінкам, тільки зростатиме. Згідно з прогнозом Barclays Capital, середня ціна становитиме 630 доларів за бушель, а далі – вже 645 [8]. Більше того, ціни на інші культури, а саме на пшеницю та рис, у США теж піднялися до максимального рівня.

Північноамериканські фермери намагаються засівати зараз максимальні площі саме кукурудзою, тому обсяги виробництва пшениці та рису різко скорочуються, що веде до підвищення цін на дані продукти. Виявляється «постраждалим» і сектор тваринництва. Підвищення вартості кормів різко знижує прибутковість, особливо птахівництва і свинарства.

У Європі у свою чергу робиться ставка на біодизель, отриманий із насіння ріпаку та соняшнику. На ЄС припадає близько 80% біодизеля, виробленого у світі. Європейська комісія планує збільшити частку біодизеля у структурі споживаного пального в Європі до 5,75% до 2015 року, а до 2025 – до 10%. Нині ця цифра становить трохи більше півтора-двох відсотків. Однак незважаючи на «альтернативність» біопалива вуглеводням, що здається, існує безпосередня залежність між світовими цінами на нафту та етанол. За ціною на нафту в 30 доларів за барель виробництво етанолу стає нерентабельним, якщо ціна на кукурудзу не буде нижчою, ніж 2 долари за бушель, тобто

нижчою більш ніж удвічі, ніж сьогодні. Ступінь готовності сільськогосподарських виробників до подібної ситуації зараз складно оцінити.

З іншого боку, за прогнозними оцінками Міжнародного дослідницького інституту продовольчої політики (IFPRI), в умовах збереження високих цін на нафту швидке зростання світового виробництва біопалива призведе до підвищення світових цін на кукурудзу на 20% до 2015 року та на 41% до 2025 року. Ціни на ріпак і соняшник піднімуться на 26% та 76% до 2015 та 2025 року відповідно [9]. Тобто ціни на основні продукти харчування також значно підвищаться. З огляду на те, що найменш забезпечені жителі планети на сьогоднішній день витрачають на продовольство до 80% своїх доходів, підвищення цін на основні продукти харчування навіть на 20% буде більш ніж критичним для цих верств населення. За розрахунками вищезазначеного інституту, кількість незабезпечених людей у світі буде збільшуватись на 16 млн осіб при кожному підвищенні реальних цін на основні продовольчі товари на 1%.

Таким чином, спроба вирішити проблему енергетичної безпеки країн і перейти на альтернативні джерела палива може в значною мірою підірвати продовольчу безпеку великої кількості країн, в першу чергу країн Азії, Африки і Латинської Америки. Більш того, при таких серйозних негативних наслідках, масштаб застосування нетрадиційного пального на етанолі нині залишається вкрай малим. Частка біопалива в структурі палива, що використовується в США складає близько 2%, рівно стільки ж припадає на біодизель у Європі. А якби для виробництва етанолу було б використано весь річний урожай кукурудзи в США, то етанолу вистачило б тільки на 12% від загальної річної потреби країни у бензині.

Ця ситуація безпосередньо зачіпає і світовий ринок пшениці. Пшениця має сьогодні колосальний попит, її запаси в ЄС всього за один рік із 14 млн тонн зменшилися до 1 млн тонн. Пшениця переходить у розряд дефіцитних товарів, попит на який зростає з кожним місяцем. Ф'ючерсні ціни в такій ситуації стають надзвичайно чутливими. Достатньо одного несприятливого

прогнозу про майбутню посуху на території такого найбільшого експортера пшениці як Австралія, як на товарних біржах ціни вкотре поб'ють історичний рекорд.

Таким чином, ціни на різні сільськогосподарські культури підганяють один одного, побоювання про майбутню сировинну кризу тільки посилюються. Немоżliвість прогнозування майбутніх цін, а також обсягів поставок культур значною мірою підтверджує тезу про виникнення реальної загрози продовольчої безпеки у світі.

Важливо відзначити, що всі вищезгадані виклики та особливості сучасного етапу розвитку світової енергетики призводять до яскраво вираженої незбалансованості інтересів гравців енергетичного ринку. Крім того, до теперішнього часу не було розроблено єдиних механізмів по виробленню глобальної енергетичної стратегії, покликаної вирішити проблему подальшого сталого розвитку світової економіки. Відмінності в інтересах країн світу, а також наслідки «відкладених проблем» в області енергетики формують значні обмеження, в рамках яких суспільству належить подальший розвиток.

1.2. Відновлювані джерела енергії у першій половині XXI століття

Як вже відмічалось, світова енергетика перебуває на роздоріжжі. Економіка вимагає все більше енергії, а запаси викопного палива, на чому заснована традиційна енергетика, аж ніяк не безмежні. Проблема полягає не тільки в обмеженості ресурсів, а й у зростаючих темпах виснаження старих родовищ і швидке зростання витрат з облаштування нових, що веде до підвищення вартості вуглеводнів. Ситуація погіршується тим, що використання викопного палива досягло колосальних розмірів та завдає відчутної шкоди навколишньому середовищу, що відбивається на якості життя населення. Вихід із такої ситуації експерти бачать у всьому підвищенні ефективності традиційних енергоносіїв та розширення застосування відновлюваних джерел енергії. Цей термін застосовується по відношенню до

тих джерел енергії, запаси яких заповнюються природним чином і в найближчій перспективі є практично невичерпними. Залежно від застосовуваних технологій ВДЕ діляться на традиційні та нетрадиційні. До традиційних ВДЕ відноситься гідравлічна енергія, що перетворюється на електрику на великих ГЕС, а також енергія біомаси, що використовується для отримання тепла традиційним способом спалювання (дрова, солома тощо), до групи нетрадиційних ВДЕ (НВДЕ) включають сонячну, вітрову та геотермальну енергію, енергію морських хвиль, течій, припливів, гідравлічну енергію, перетворювану в електрику малими ГЕС (до 10 МВт), і енергію біомаси, що використовується для отримання тепла, електрики та моторного палива нетрадиційними методами.

Основна перевага НВДЕ перед іншими енергоносіями – їх поновлюваний характер та екологічна чистота. Безперечна перевага таких енергоносіїв – широка поширеність більшості їх видів. Іншими стимулами поширення НВДЕ є:

- безпека поставок;
- зростання цін на викопне паливо;
- технологічний розвиток.

Слід зазначити, що обмеженість ресурсів копалин – це лише одна грань проблеми безпеки його постачання. Інший її аспект стосується політичних ризиків. Проблема тут полягає в тому, що запаси викопного палива у світі дуже нерівномірно розподілені. В результаті деякі країни, які споживають багато енергії, але не мають адекватних ресурсів викопного палива, знаходяться в критичній залежності від його імпорту, і, як наслідок, від політичної обстановки у країнах – виробниках вуглеводневого палива. Небезпечний, як відомо, і транзит цих енергоносіїв. Відновлювана енергетика в цьому плані набагато більше безпечна, оскільки вона ґрунтується на використанні місцевих або регіональних ресурсів енергії. До того ж її розвиток сприяє диверсифікації поставок енергії, що посилює енергетичну безпеку відповідних регіонів.

Конкурентоспроможність НВДЕ знаходиться у залежності від цін на енергоносії: чим вище останні, тим більш вигідно використовувати ВДЕ.

Головним слабким місцем НВДЕ є більш висока вартість енергії, що виробляється, в порівнянні з органічним паливом. Інші негативні якості НВДЕ – мала щільність потоку енергії (питома потужність) та його мінливість у часі. Перша обставина змушує створювати великі площі енергоустановок, що «перехоплюють» потік енергії, що використовується (приймальні поверхні сонячних установок, площа вітроколеса, протяжні греблі приливних електростанцій тощо). Це призводить до масштабного відчуження землі та великої матеріаломісткості подібних пристроїв, а отже, до збільшення питомих капіталовкладень порівняно з традиційними енергоустановками. Мінливість у часі, зі свого боку, вимагає додаткових витрат на обладнання, що забезпечує збір, акумулювання та перетворення енергії.

До недоліків НВДЕ слід, очевидно, віднести і те, що при виробництві електроенергії за рахунок цих непостійних джерел у промислових масштабах виникають труднощі, пов'язані з неможливістю постійного поєднання виробництва електроенергії з її споживанням (з графіком навантаження). Технічні складнощі можуть виникнути і при інтегруванні енергетичних установок на базі НВДЕ до загальної силової мережі. Щоб уникнути змін параметрів об'єднаної енергосистеми (насамперед частоти), частка нерегульованих електростанцій (вітроелектростанцій та сонячних електростанцій) не повинна перевищувати, за оцінкою експертів, 10–15% загальної потужності.

Потенціал поновлюваних джерел енергії величезний. Особливо великий він у сонячній та геотермальній енергії. Так, одне тільки сонце щодня посиляє на землю в 20 разів більше енергії, ніж населення земної кулі використовує протягом року. Проте взяти та зберегти цю енергію конче складно.

У таблиці 1.2 наведений потенціал ВДЕ у світі.

Таблиця 1.2 – Потенціал ВДЕ у світі (ексаджоулі у рік)

Джерело	Потенціал, що використовувався у 2016 р.	Технічний потенціал	Теоретичний потенціал
Гідроенергія	34,0	60	150
Енергія біомаси	68	>250	2900
Сонячна енергія	23,0	>1600	3900000
Вітрова енергія	20,5	600	6000
Геотермальна енергія	12,5	5000	140000000
Енергія океану	-	-	7400
Разом	145,5	>7510	>143000000

Як видно з таблиці 1.2, технічний потенціал ВДЕ (частина сукупного (теоретичного) потенціалу, яка може бути використана із застосуванням відомих технологій, беручи до уваги соціальні та екологічні фактори, але без урахування рентабельності) оцінюється в даний час у 7510 ексаджоулів на рік, що в 17 разів перевищує річний обсяг світового виробництва всіх первинних енергоресурсів (близько 445 ексаджоулів у 2016 р.) [8]. Дані таблиці красномовно свідчать також, що технічний (а тим паче теоретичний) потенціал нетрадиційних ВДЕ багаторазово перевищує потенціал ВДЕ, що використовуються в основному традиційними способами (біомаса та гідроенергія).

Враховуючи поновлюваний характер, екологічну чистоту, повсюдну доступність НВДЕ, багато країн світу приділяють велику увагу їхньому розвитку, зробивши цей напрямок важливою сферою державної технічної політики. Більше того, в останні роки з'явилися державні програми в даній галузі, які дуже солідно фінансуються. У багатьох країнах прийняті нормативно-законодавчі акти у сфері використання НВДЕ, які склали правову, економічну та інформаційну основу цього напрямку технічного розвитку. Станом на 2018 рік понад 70 країн мали офіційно встановлені завдання щодо

розвитку НВДЕ (у вигляді частки від кінцевого споживання первинних джерел або від виробництва електроенергії).

Поки що внесок ВДЕ у світовий енергобаланс невеликий. Так, у 2016 р. вони забезпечували 18% кінцевого світового споживання енергії. При цьому на частку біомаси та гідроенергії, що використовуються традиційними способами, припадала переважна частина цього внеску – близько 15,6%, а частку НВДЕ – всього 2,4% [9, 10].

Проте саме з НВДЕ вчені пов'язують майбутнє відновлюваної енергетики. Про обґрунтованість такої думки говорить не лише величезний потенціал НВДЕ та їх інші переваги, а й швидке зростання потужності відновлюваної енергетики в останні роки. Наприклад, з 2002 по 2015 р. середньорічний темп приросту за окремими носіями становив від 60% до 15%.

В основі таких високих темпів, безумовно, лежав науково-технічний прогрес, що сприяв удосконаленню технологій та здешевленню обладнання, що використовує НВДЕ. Втім, не можна применшувати значення таких чинників, як збільшення державної підтримки даного сектора економіки, а також дуже швидке зростання цін на викопне паливо, що відзначалося в ці роки. Потужності з виробництва енергії, з використанням традиційних ВДЕ (великі ГЕС, традиційна біомаса) зростали у ці роки набагато нижчими темпами : 3–5%.

На думку міжнародних експертів, відновлювані джерела енергії можуть замінювати викопне паливо у чотирьох сферах: виробництво електроенергії; приготування їжі та опалення приміщень; виробництво моторного палива; автономне постачання енергії сільській місцевості.

В електроенергетиці в 2016 р. на НВДЕ припадало близько 5% встановленої потужності та 3,4% виробленої електроенергії. Загальні світові потужності з виробництва електроенергії в тому ж році становили близько 4300 ГВт, з них на ВДЕ доводилося 22,7%, великі ГЕС – 17,9, НВДЕ – 4,8, у тому числі на вітроенергетичні установки (ВЕУ) – 1,7, малі ГЕС – 1,7,

установки на біомасі – 1,0, геотермальні станції – 0,2, фотогальванічні установки (ФУ) - 0,1%.

Різкий зліт цін на нафту та інші традиційні енергоносії у 2017 – першій половині 2018 року надав потужне прискорення розвитку НВДЕ. У результаті загальні встановлені потужності НВДЕ у світі зросли з 207 ГВт у 2016 р. до 280 ГВт у 2018 р. При цьому потужності ВЕУ зросли з 74 до 121 ГВт, малих ГЕС – з 73 до 85, ФУ – з 5 до 13 ГВт. Лідерами розвитку стали Китай (76 ГВт), США (40), Німеччина (34), Іспанія (22), Індія (13) та Японія (8 ГВт). Потужності НВДЕ в країнах, що розвиваються, піднялися у 2018 р. до 119 ГВт (43% світових).

Масштаби та швидкість освоєння окремих видів НВДЕ залежать від наявності ресурсів та ступеня розробленості відповідних технологій, а в кінцевому рахунку від собівартості одержуваної енергії. Так, в електроенергетиці електрика, що виробляється на установках НВДЕ, поки що помітно дорожче електроенергії, виробленої на великих ГЕС або ТЕС (її вартість на ТЕС становить 40-70 доларів (МВт·год). Втім, тут необхідно приймати до уваги дві додаткові обставини. По-перше, технології, задіяні в НВДЕ швидко покращуються, а з ними швидко падає собівартість виробленої з їх допомогою енергії. У результаті окремі технології використання НВДЕ вже зараз цілком конкурентоспроможні в порівнянні з традиційними технологіями (малі ГЕС, ВЕУ наземного базування, геотермальні станції, спільна переробка біомаси із вугіллям). По-друге, не можна забувати, що НВДЕ екологічні, відновлювані, у разі потреби можуть працювати автономно та забезпечувати енергією споживачів, не приєднаних до розподільних мереж централізованих джерел енергії.

Незважаючи на те, що електроенергія, що виробляється на великих ГЕС, одна з найдешевших, у багатьох країнах, особливо розвинених, зростання потужності великої гідроенергетики в останні роки стримується міркуваннями охорони навколишнього середовища, а також ризиком затоплення великих територій та необхідністю переселення великої кількості мешканців.

У 2016 р. встановлені потужності великих ГЕС у світі досягли 770 ГВт, а виробництво електроенергії на них – 2725 ТВт·г, що становило близько 15% всього світового виробництва електроенергії (проти 19% 2006р.). Середньорічні темпи приросту виробництва енергії на крупних ГЕС у 2012–2016 роках були нижче 3%, а в розвинених країнах – нижче 1%.

Мала гідроенергетика вільна від недоліків великої. У зв'язку з цим її перспективи виглядають помітно кращими. Малі ГЕС (потужністю до 10 МВт) часто створюються для автономного або напівавтономного постачання електроенергії сільського населення та заміщення дизель-генераторів та інших дрібних енергетичних пристроїв, продукція яких зазвичай дуже дорога. У період з 2011 по 2016 р. середньорічні темпи збільшення потужності малої гідроенергетики в світі становили 7%. До 2016 р. їхній рівень досяг 73 ГВт, а випуск енергії на них понад 250 ТВт·г. З врахуванням обмеженості гідроресурсів у світі можна припустити, що в період до 2030 р. темпи розвитку малої гідроенергетики помітно знизяться, проте залишаться вище, ніж у великій гідроенергетиці. При темпі приросту в 4,5–4,7% випуск електроенергії на малих ГЕС досягне до 2030 року 770–780 ТВт · год, що становитиме понад 2% всього виробництва електроенергії у світі.

Поки що з усіх НВДЕ використання геотермальної енергії розвивається найнижчими темпами (2–3% на рік). У 2016 р. встановлені потужності геотермальних станцій світу становили 10 ГВт, ними було вироблено 60 ТВт·г електроенергії, що становило близько 0,3% всього світового виробництва електроенергії. Є підстави припустити, що до 2030 р. вироблена енергія на ГеоТЕС зросте до 120–125 ТВт·г, проте їхня частка в сукупному світовому виробництві електроенергії залишиться на рівні 0,3%. Розширення потужності подібних станцій очікується в США та країнах Азії, що розвиваються.

Виходячи з сучасних тенденцій розвитку окремих НВДЕ, їх місце у світовій енергетиці в період до 2030 може істотно змінитися, що видно з даних таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Частка НВДЕ у виробництві електроенергії у світі

	Виробництво електроенергії (ТВт·г)	Частка (% до підсумку)	Середньорічний темп приросту (%)
	2016/2030	2016/2030	2017-2030
Разом	18920/35384	100/100	2,7
ВДЕ	3393/7980	17,9/22,6	3,6
Потужні ГЕС	2725/4383	14,4/12,4	2,0
НВДЕ	668/3596	3,5/10,2	7,2
-енергія вітру	130/1490	0,7/4,2	10,7
-малі ГЕС	252/778	1,4/2,2	4,7
-біомаса	220/840	1,2/2,4	5,7
-геотермальна енергія	60/122	0,3/0,3	3,0
-сонячна енергія	5/245	0/0,7	17,6
-сонячна теплова енергія	1/107	0/0,3	19,0
-енергія океану	0/14	0/0	12,8

Внаслідок подальшого вдосконалення технологій використання НВДЕ та відповідного зниження вартості електроенергії, що випускається на їх основі, а також збереження державної підтримки цього сектору світової енергетики з боку більшості розвинених країн та багатьох країн світу, що розвиваються, частка НВДЕ в сукупному світовому виробництві електроенергії з 2016 по 2030 р. збільшиться майже втричі, з 3,5 до 10,2%. Відповідна частка ВДЕ за цей період зросте значно меншою мірою, з 17,9 до 22,6%. Частка великих ГЕС за ці роки скоротиться із 14,4 до 12,4%.

Іншою сферою, де НВДЕ поступово замінюють традиційні енергоносії, є моторне паливо. Альтернативне моторне паливо, зване біопаливом, виготовляється з особливої біомаси - сільськогосподарських культур, причому, якщо сировиною служить цукор, кукурудза, пшениця, то біопаливо,

що отримується, іменується етанолом, якщо ж - пальмова олія, ріпак або інші олійні – біодизелем.

Ще однією сферою застосування НВДЕ є виробництво теплової енергії. У 2016 р. на основі нетрадиційної біомаси, геотермальної та сонячної енергії вироблялося близько 3% теплової енергії. Існують прогнози, що до 2030 р. частка НВДЕ у виробництві теплової енергії зросте до 7%. Частка НВДЕ у кінцевому світовому споживанні енергії з 2016 до 2030 р., за розрахунками, зросте з 2,4 до 8,3%, а всіх ВДЕ – з 18,0 до 18,4%. У таблиці 1.4 приведена частка НВДЕ у кінцевому споживанні енергії у світі.

Таблиця 1.4 – Частка НВДЕ у кінцевому споживанні енергії у світі

	Кінцеве споживання, ексаджоулі у рік	Частка (% до підсумку)	Середньорічний темپ приросту (%)
	2016/2030	2016/2030	2017-2030
Разом	445/683	100/100	1,8
ВДЕ	80/126	18,0/18,4	1,9
у тому числі НВДЕ	10,7/57	2,4/8,3	7,2

Як видно з таблиці 1.4, аж до 2030 р. викопне паливо та атомна енергія залишаться основою світової енергетики (81,6%) та ВДЕ, а тим більше НВДЕ не стануть для них конкурентами. Проте значимість нетрадиційних ВДЕ зростатиме і до 2050 р. їхня частка в світовому енергобалансі може піднятися до однієї чверті. Їхньою головною перевагою залишиться невичерпність, екологічність, широка поширеність та здатність постачати електроенергію та тепло споживачам, не приєднаних до централізованих систем.

1.3. Особливості структури розвитку світової енергетики

В даний час вкрай гостро постає проблема безперебійного забезпечення економік країн світу дешевими енергоресурсами. Вартість нафти, природного газу, кам'яного та бурого вугілля на світовому ринку продовжує

зростати. Розвиток ядерної енергетики, як нагадувалось вище, обмежений необхідністю підвищення безпеки роботи атомних реакторів, проблемами поховання відходів ядерного паливного циклу. Паливно-енергетичний комплекс (ПЕК) лідирує за сукупністю негативного впливу на природне середовище, а внаслідок цього – і на здоров'я людей.

Альтернативою паливним енергоресурсам могли б стати відновлювані джерела енергії – майже необмежене джерело енергії. Проблеми їхнього масового застосування пов'язані зі складністю прогнозування роботи та необхідністю будівництва великих установок для збору розсіяної енергії. В даний час вони можуть витіснити паливні ресурси.

Тим не менш, розвиток економіки, заснований на альтернативних відновлюваних джерелах енергії у світі, зумовлено: по-перше, необхідністю зменшення залежності низки країн від імпорту нафти та газу; по-друге, екологічними причинами – скороченням антропогенного впливу на навколишнє середовище і, по-третє, технологічною перевагою країн, що мають технологію виробництва енергії з відновлюваних джерел.

Як відомо, суспільний розвиток рухається по спіралі. У багатьох державах світу у XXI ст. знову відбувається активне впровадження альтернативних джерел енергії, але на новому рівні за допомогою інноваційних технологій. Державна енергетична політика в Україні також набуває нових рис [1,2]. Енергетична політика України, заснована на традиційному використанні як джерела енергії вугілля, нафти і газу, на атомній енергетиці та гідроенергетиці, зробила акцент на розвитку альтернативних відновлюваних джерел енергії. Так, ще у 2003 р. був прийнятий Закон України «Про альтернативні джерела енергії», який базується на Конституції України, і складається з цього Закону та інших нормативно-правових актів, що регулюють відносини у цій сфері, необхідні для успішного розвитку електроенергетики, заснованої на використанні відновлюваних джерел.

Також прийнята «Енергетична стратегія України на період до 2050 року», яка містить положення про збереження вищеназваних темпів зростання вироблення електроенергії на основі використання відновлюваних джерел енергії у тому числі, яка передбачає відновлення енергетичного сектору за найсучаснішими технологіями, зміцнення стійкості системи та посилення енергетичної безпеки України і європейського континенту в цілому.

Затверджено «Основні напрями державної політики у сфері підвищення енергетичної ефективності електроенергетики на основі використання відновлюваних джерел енергії на період до 2030 року», що передбачають збільшення з 1% у 2018 р. до 4,5% у 2025 р. Передбачено відповідні субсидії з державного бюджету.

На рис. 1.2 показана частка відновлюваних джерел у регіонах світу, 2000-2023 рр.

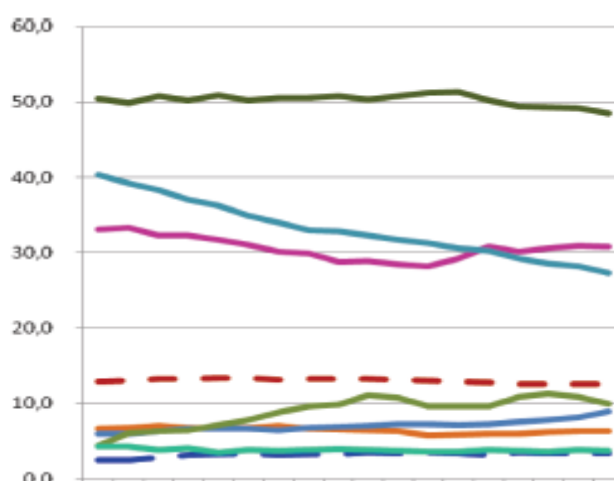


Рисунок 1.2 – Зміна частки відновлюваних джерел енергії у споживанні первинних джерел енергії в регіонах світу, (%)

Де: червоний колір показує весь світ; темно-зелений – Африку; помаранчевий – Північну Америку; рожевий – Південну Америку; блакитний – Азію (країни, які не є членами ОЕСР); світло-блакитний – Європа (країни-члени ОЕСР); оливковий – Європа (країни, які не є членами ОЕСР); бірюзовий – Тихоокеанські країни-члени ОЕСР (Японія, Південна Корея, Австралія, Нова Зеландія).

За даними Міжнародного Енергетичного агентства (МЕА) частка відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у світовому споживанні первинних джерел енергії (ПДЕ) за останні 20 років залишалася практично незмінною і становила в середньому близько 12% (рис.1.2). Енергетика, заснована на використанні традиційних джерел енергії, та енергетика, заснована на використанні альтернативних джерел енергії, розвивалися цілком порівнянними темпами.

Аналіз наявних статистичних даних свідчить, що частка ВДЕ у споживанні ПДЕ максимальна в країнах Африки – близько 50%. Однак обсяги енергоспоживання у цьому регіоні невеликі. В основному в Африці споживається тверда біомаса та гідроенергія. Відсутність єдиної енергетичної інфраструктури – налагодженої системи постачання у всі регіони та «осередковість» промислового розвитку в даному регіоні світу диктують необхідність застосування відновлюваних джерел енергії «на місцях».

У країнах Південної Америки частка ВДЕ у споживанні ПДЕ становить близько 30%. Зокрема, у Бразилії половина автомобільного транспорту використовує екологічно чисте паливо (спирт, що виробляється з цукрової тростини), а також активно використовується гідроенергетичний потенціал річок.

Істотне зниження частки ВДЕ в країнах Азії та в Австралії пов'язане з активізацією промислового розвитку цих регіонів і, відповідно, зростаючими енергетичними потребами. При цьому в одному з регіонів Азії – на Близькому Сході, де розташовані величезні запаси нафти та газу (до 60% світових запасів), відновлювані джерела енергії практично не використовуються.

Знижена частка поновлюваних джерел енергії у споживанні первинних джерел енергії характерна для країн Європи (у середньому близько 7%), Північної Америки (близько 6%), та країн, що утворилися на території колишнього СРСР (3%). Чітко видно, що серед названих регіонів лише у Європі спостерігалася динаміка зростання виробництва ПДЕ на базі ВДЕ (з 5,2% до 9,4%). Це пов'язано з реалізацією державних програм субсидування

використання відновлюваних джерел енергії та підвищення екологічних вимог до енергетичного виробництва.

Суттєва частина енергетичних джерел йде на вироблення тепла та електроенергії. По статистиці МЕА частка відновлюваних джерел енергії (включаючи гідроенергію) у світовому виробленні електроенергії склала 18%, а альтернативних ВДЕ – 2,5%. Частка відновлюваних джерел енергії у виробництві теплової енергії склала 4,5%.

Таким чином, на даному етапі технологічного розвитку альтернативна енергетика має позитивну динаміку лише в «багатих» постіндустріальних країнах в основному завдяки державним субсидіям. Однак в Африці, Азії та Південній Америці на відновлювані джерела енергії приходить, як і раніше, вища частка у структурі споживання ПДЕ. А в азійському регіоні, який найбільш активно розвивається, ця частка знижується. При цьому викопні види палива і гідроенергія зберігає свої лідируючі позиції в паливно-енергетичному балансі (ПЕБ) світу.

У зв'язку з вищевикладеним хотілося б відзначити, що головною перевагою альтернативних відновлюваних джерел енергії є їх екологічна чистота та відновлюваність. Багато видів альтернативних джерел енергії повсюдно поширені. Витрати під час експлуатації більшості вже створених установок, які використовують альтернативні джерела енергії нижче, ніж при використанні викопних джерел енергії. Оскільки струм від альтернативних джерел енергії надходить не постійно, потрібна наявність в енергосистемі резервної потужності інших типів електростанцій для підтримки рівня напруги в електричних мережах. Але застосування акумуляторів у промисловому масштабі обмежено їхньою високою вартістю. Вироблення електроенергії з альтернативних джерел енергії постійне лише на геотермальних установках та установках, що використовують біомасу. За оцінками фахівців, для сталої роботи енергосистеми частка нерегульованих електростанцій не повинна перевищувати 10–15% від сумарної встановленої потужності електростанцій.

Дані, отримані в ході проведеного аналізу, показали, що в структурі світового вироблення електричної енергії з альтернативних джерел енергії «лідидує» енергія вітру – один із найпостійніших альтернативних джерел енергії (частка – 35%). Це пояснюється, насамперед, тим, що вітрові енергоустановки вимагають менших капіталовкладень, ніж решта, які використовують альтернативні джерела енергії.

Серед інших джерел ВДЕ для вироблення електроенергії активно використовується біомаса, геотермальна енергія.

Для виробництва тепла серед альтернативних джерел енергії використовується тверда біомаса (52%) та міські відходи (27%). При цьому дуже важливо пам'ятати, що використання міських відходів для цих цілей до того ж дозволяє істотно знизити навантаження міст на довкілля.

Результати проведеного дослідження та аналізу проблеми дозволяють зробити висновок, що для виробництва та використання альтернативних джерел енергії у промислових масштабах, у тому числі виробки та подачі «екологічно чистого» струму в мережу, необхідне державне субсидування та підтримка. Сподіватися на швидке усвідомлення бізнесом необхідності збереження природи та проблеми вичерпності енергоресурсів – було б наївно. Тому вирішальною у розвитку альтернативних джерел енергії має бути державна енергетична політика, яка стимулюватиме її не лише фінансовою допомогою, але й імперативними нормами.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1:

1. Важливо відзначити, що всі вищезгадані виклики та особливості сучасного етапу розвитку світової енергетики призводять до яскраво вираженої незбалансованості інтересів гравців енергетичного ринку. Крім того, до теперішнього часу не було розроблено єдиних механізмів по виробленню глобальної енергетичної стратегії, покликаної вирішити проблему подальшого сталого розвитку світової економіки. Відмінності в інтересах країн світу, а також наслідки «відкладених проблем» в області енергетики формують значні обмеження, в рамках яких суспільству належить подальший розвиток.

2. Визначено, що викопне паливо та атомна енергія залишаться основою світової енергетики (81,6%) та ВДЕ, а тим більше НВДЕ не стануть для них конкурентами. Проте значимість нетрадиційних ВДЕ зростатиме і до 2050 р. Їхня частка в світовому енергобалансі може піднятися до однієї чверті. Їхньою головною перевагою залишиться невичерпність, екологічність, широка поширеність та здатність постачати електроенергію та тепло споживачам, не приєднаних до централізованих систем.

3. Результати проведеного дослідження та аналізу проблеми дозволяють зробити висновок, що для виробництва та використання альтернативних джерел енергії у промислових масштабах, у тому числі виробки та подачі «екологічно чистого» струму в мережу, необхідне державне субсидування та підтримка. Сподіватися на швидке усвідомлення бізнесом необхідності збереження природи та проблеми вичерпності енергоресурсів – було б наївно. Тому вирішальною у розвитку альтернативних джерел енергії має бути державна енергетична політика, яка стимулюватиме її не лише фінансовою допомогою, але й імперативними нормами.

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

2.1.Розвиток відновлюваних джерел на прикладі Великої Британії, Німеччини, Швеції

В даний час відновлювані джерела енергії стали невід'ємною частиною бізнесу великих енергетичних компаній у всьому світі. Наприклад, Європейська Асоціація електроенергетики EURELECTIC наприкінці 2017 року випустила меморандум, згідно з яким члени цієї організації є 3500 енергетичних компаній Європу, взяли на себе зобов'язання перетворити електроенергетику у вуглецево-нейтральну задовго до 2050 року. Дана трансформація включає в себе ширше використання відновлюваних джерел енергії, цифровізацію, управління попитом та розвиток мереж. Таким чином, енергосистема Європейського Союзу ґрунтуватиметься на безвуглецевих технологіях, переважно на відновлюваних джерелах енергії [3,4].

Галузь відновлюваних джерел енергії з кожним роком приваблює дедалі більшу кількість великих комерційних банків, венчурних інвесторів. Розвиток нових технологій поновлюваної енергетики створює кваліфіковані робочі місця. У глобальному масштабі відновлювані джерела енергії забезпечили 10,3 млн. робочих місць у 2017 році, тобто спостерігається зростання у 5,3% порівняно з попереднім роком.

Слід зазначити, що сонячна енергетика, головним чином ФЕП є найбільшим роботодавцем, тобто ФЕП забезпечує майже 3,4 млн. робочих місць у всьому світі, що на 9% більше порівняно з 2016 роком [10]. Що ще суттєвіше, зайнятість у секторі біопалива, (приблизно 2 млн. робочих місць у 2017 році) збільшилася на 12%, це сталося внаслідок збільшення обсягу виробництва біодизеля та етанолу у більшості великих виробників. Країни Європейського Союзу входять до великих роботодавців у відновлюваній енергетиці. Зайнятість у вітроенергетиці, а також у галузі теплопостачання знизилася в міру уповільнення темпів додавання нової потужності. Наприклад,

вітроенергетика забезпечує 1,1 млн. робочих місць у всьому світі, у той час як сектор теплопостачання забезпечує 807 000 робочих місць. Велика гідроенергетика на 2017 рік забезпечила робочими місцями 1,5 млн. людей, з яких 63% були зайняті в управлінні та технічному обслуговуванні (рис.2.1).

Одним з основних факторів, що впливають на рівень та перспективи розвитку відновлюваних джерел енергії, є система державного економічного стимулювання. Масштабне освоєння відновлюваних джерел енергії є головним напрямком у виконанні країнами Європейського Союзу зобов'язань Кіотського протоколу щодо зниження викидів CO₂ в атмосферу.

Зниження вартості «чистих» технологій вийшло далеко за рамки всіх очікувань, змінивши напрямок у користь декарбонізації економіки. Тим часом глобальні дії щодо зміни клімату ще більше прискорюють темпи розвитку інновацій та формування чистої енергії, створюючи все сильніші імпульси.

Як Європа має реагувати на цю нову реальність? Щоб відповісти на це питання, європейський консорціум Energy Union Choices замовив доповідь, яка підготувала енергетична консалтингова компанія "Artelys". Ця доповідь була представлена 21 листопада 2017 року у Брюсселі [11]. Проведене дослідження називається «Cleaner, Smarter, Cheaper: Responding to opportunities in Europe's changing energy system», що в перекладі означає «Чистіше, розумніше, дешевше: реагуючи на можливості в енергетичній системі Європи, що змінюється». У цьому дослідженні йдеться про можливість збільшення частки відновлюваних джерел енергії у структурі європейської генерації електроенергії до 61% до 2030 року [11].

У доповіді порівнюються три сценарії розвитку, кожен з яких відображає різні політичні рамки до 2030 року, які продемонстровані на рисунку 2.2.

Розглянемо кожен сценарний підхід окремо.

Сценарій незавершених планів (IPS) розглядає майбутнє, в якому поточні плани розширення регіональної співпраці та гнучкості з боку попиту,

запропоновані в рамках перегляду директиви з електроенергії як частини пакету чистої енергії ЄС, не виконуються.

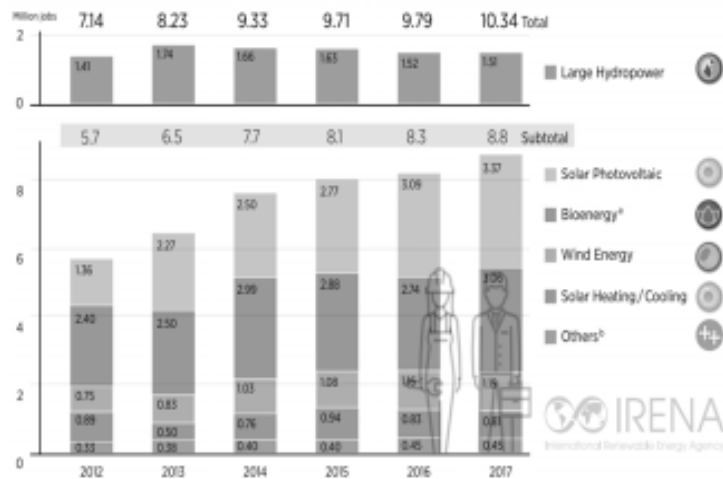


Рисунок 2.1 – Глобальна зайнятість у відновлювальній енергетиці

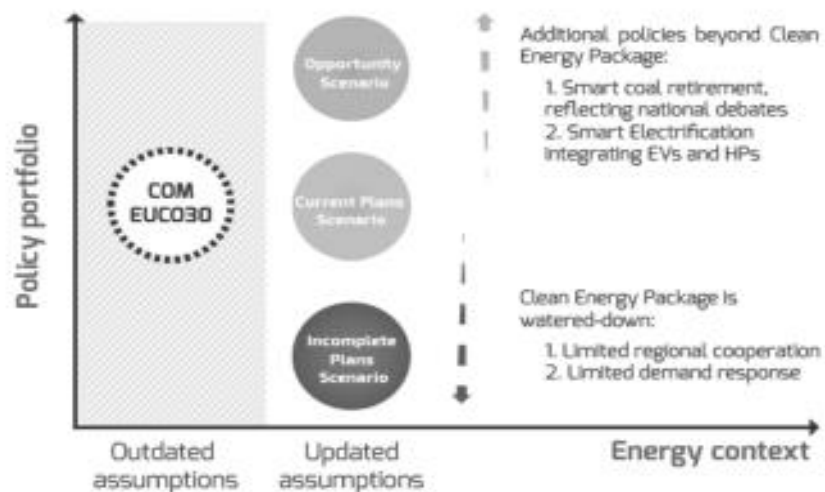


Рисунок 2.2 – Сценарний підхід

Сценарій поточних планів (CPS) являє собою повне здійснення заходів щодо регіональної співпраці та гнучкості зі сторони попиту, як це пропонується в пакеті заходів з чистої енергії, що відображає власну оцінку впливу цих планів Європейською комісією. З погляду моделювання це призводить до повного обліку взаємозв'язків для адекватності генерації, спільного використання запасів та експлуатації ВДЕ на регіональному рівні.

Сценарій можливостей (OS) оцінює вплив двох додаткових важелів державної підтримки, які виходять за рамки змісту пакету "Чиста енергія".

Ключові висновки, зроблені в ході дослідження.

1. Швидша декарбонізація енергетичного сектора технічно здійсненна і може бути економічно більш привабливою, ніж нинішні амбітні рівні.

Аналіз показує, що викиди вуглекислого газу в енергетичному секторі можуть знизитися більше ніж наполовину у 2030 року порівняно із сьогоднішнім днем. Сценарій із найбільшим скороченням викидів також є сценарієм, який може похвалитися найкращими економічними результатами з погляду загальних системних витрат і потенціалу створення робочих місць. Згідно цьому сценарію, викиди CO₂ скоротяться додатково на 256 млн. т.н.е., витрати в енергосистемі знизяться на 600 млн. євро на рік, а також буде створено додатково 90 000 робочих місць, але при цьому скоротиться кількість робочих місць у інших секторах (рис. 2.3).

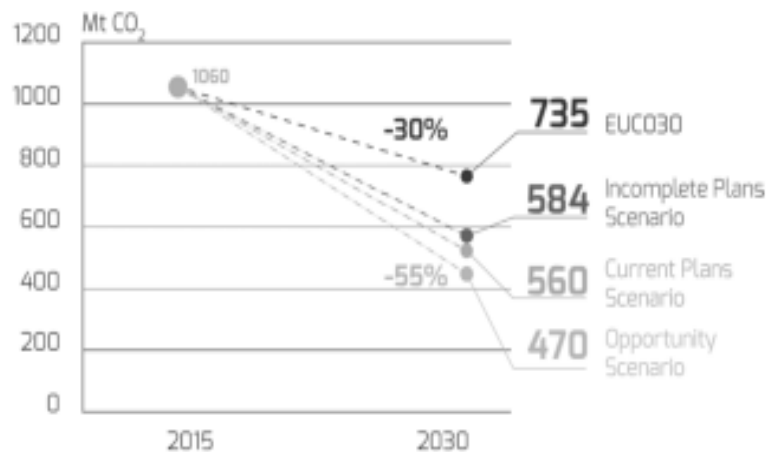


Рисунок 2.3 – Викиди CO₂ в енергетичному секторі до 2030 р. по різних сценаріям

2. У 2030 році енергосистема може інтегрувати суттєво більш високі частки електроенергії з відновлюваними джерелами енергії, ніж зараз, і за нижчої вартості.

Відповідно до рисунку 2.4, найбільш економічно-ефективний сценарій для електроенергії Європейський Союз (OS) передбачає більш високу частку

відновлюваних джерел енергії, ніж це передбачено Європейською комісією (EUCO30), тобто 61% проти 49% до 2030 року.

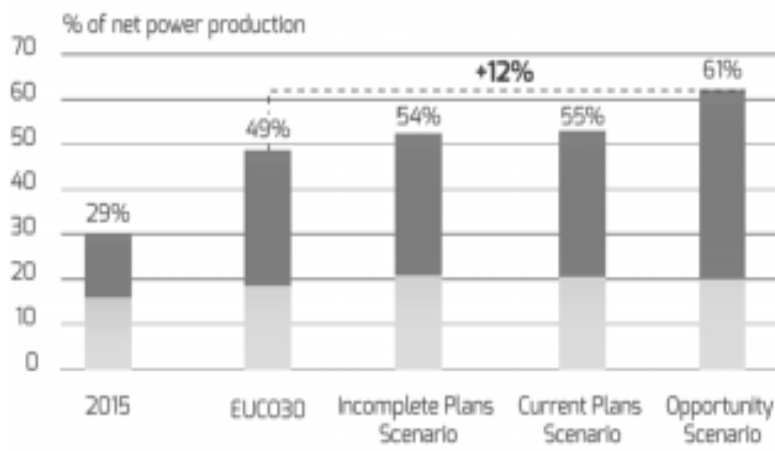


Рисунок 2.4 – Використання відновлюваної енергії по різних сценаріям

3. Розумна і швидка відмова від виробництва вугілля необхідно для того, щоб використовувати можливості, що надаються дешевшими відновлюваними джерелами енергії.

4. В даний час видобуток газу постійно скорочується, навіть за більшої частки відмови від виробництва вугілля. До 2030 року газова генерація зменшилася майже вдвічі – з 514 ТВт*г у 2015 році до 259 ТВт*г на рік. Це є значним зниженням порівняно з поточним сценарієм Європейської Комісії, у рамках якого у 2030 році планується виробити 369 ТВт*г електроенергії з урахуванням газу. Водночас газова електроенергетика (пікові електростанції) гратиме важливу роль у забезпеченні гнучкості системи з великою часткою відновлюваних джерел енергії.

5. Взаємозалежність між національними енергосистемами має ставати глибшою, при цьому вигоди розмежуються між усіма.

Зниження потреби у генерації на основі викопного палива стає можливим, перш за все, завдяки новим «чистим гнучким рішенням» (Demand Side Response), які стають все доступнішими в міру збільшення електрифікації

транспорту, опалення (теплові насоси), комерційних та промислових процесів (Промислові холодильники, котли тощо).

Розрив у видобутку досягає майже 60% нових інвестицій у вітроенергетику (+131 ТВт*г) та сонячного ФЕП (+48 ТВт * г). Це призводить до того, що загальна частка ВДЕ становить 61% чистого виробництва для ЄС28 (порівняно з 55% у рамках CPS). Частина, що залишилася, походить від підвищеного рівня генерації газу (+126 ТВт*г). Це, у свою чергу, знижує викиди на додаткові 90 млн. тонн CO₂ (-16%) порівняно зі сценарієм поточних планів та -36% порівняно з EUCO30. У порівнянні з 1990 роком сценарій можливостей дозволяє знизити загальний рівень викидів ЄС28 приблизно на 70%.

Як представлено на рис.2.5, викиди парникових газів в атмосферу з 1060 млн. тонн у 2015 скоротяться до 560 млн. тонн у сценарії поточних планів, тобто вдвічі. У той час, як викиди парникових газів у сценарії можливостей скоротяться додатково на 90 млн. тонн (-16%) за порівняно з поточним сценарієм планів.

Також варто зазначити, що вартість системи скоротиться на 0,6 млрд євро порівняно зі сценарієм поточних планів.

У прибережній вітроенергетиці ЄС встановлена потужність досягне 288 ГВт (зараз приблизно 150 ГВт), з яких 130 ГВт будуть розташовані в Німеччині, Франції та Іспанії. Офшорна вітроенергетика зросте до 68 ГВт (зараз це 15 ГВт). Дані прогнози приблизно відповідають центральному сценарію, який розглядався асоціацією Wind Європа.

Сонячна енергетика повинна зрости до 283 ГВт (сьогодні вона переступила планку 100 ГВт). При цьому в Німеччині, Франції, Італії та Іспанії будуть сконцентровані основні потужності.

Розвиток технологій генерації на основі відновлюваних джерел енергії та зростання їх конкурентоспроможності, швидше за все, можуть призвести до практичної реалізації більш агресивних сценаріїв енергетичної трансформації.

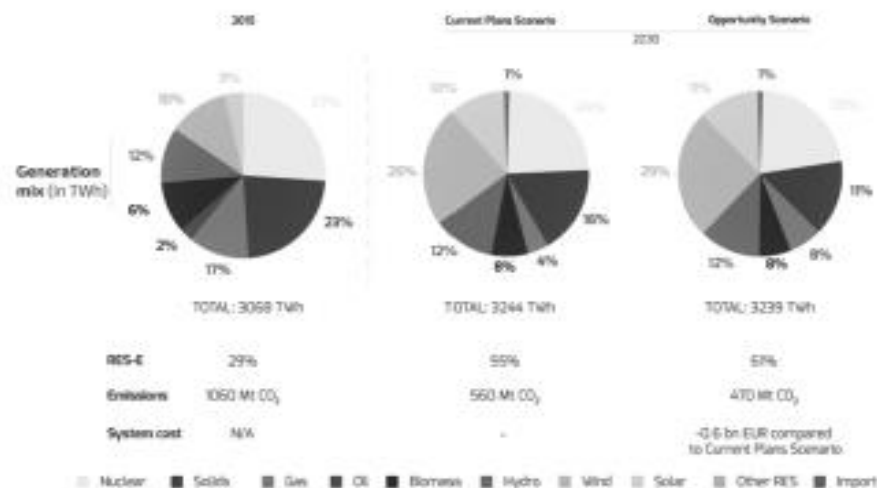


Рисунок 2.5 – Короткий огляд енергетичного сектору у сценаріях поточних планів та сценаріях можливостей

Згідно з опублікованими даними BNEF, європейські інвестиції у відновлювані джерела енергії до 2040 року зростатимуть у середньому на 2,6% кожний рік, приблизно в 40 млрд. доларів США на рік. Загальні інвестиції у відновлювані джерела енергії по всій Європі в період з 2017 до 2040 року досягнуть майже 1 трлн. доларів США [12].

Перспективи розвитку відновлюваних джерел енергії у *Великій Британії*.

В даний час вартість технологій сонячної та вітряної енергетики зменшується, що в результаті призведе до їхнього стрімкого поширення. До 2040 року частка відновлюваних джерел енергії у Великій Британії складе 63%. Уряд Великобританії підписав низку міжнародних угод, згідно з якими країна зобов'язана збільшити обсяг відновлюваних джерел енергії у своєму енергетичному портфелі до 15% до 2030 року, щоб досягти глобальних завдань зі стримування кліматичних змін.

У 2017 році Міністерство бізнесу, енергетики та промислової стратегії Великобританії опублікувало план із трансформації енергосистеми країни, що передбачає об'єднання загальної енергосистеми та приватних пристроїв

зберігання енергії, який, у свою чергу, дає можливість гнучкіше керувати енергоресурсами та заощадити приблизно 40 млрд фунтів до 2050 року.

15 березня 2017 року уряд Великобританії опублікував прогнози розвитку енергетики. Відповідно до цих прогнозів, викиди CO₂ в енергетичному секторі з 2015 по 2035 року мають скоротитися на 52% до 54 млн. тонн у CO₂ еквіваленті. При цьому передбачається, що виробництво електроенергії на основі низьковуглецевих джерел зросте за той же період з 47% до 61%.

Передбачається, що до 2021 року сонячна енергія буде дешевшою за вугілля у Великобританії.

Перспективи розвитку відновлювальних джерел у *Німеччині*.

За даними New Energy Outlook, до 2040 року частка відновлюваних джерел енергії в Німеччині становитиме 79%, оскільки сонячні батареї та мобільність нових джерел сприяють підвищенню доступності відновлюваних джерел енергії. У Німеччині сонячна енергія вже коштує так само дешево, як вугілля, а до 2025 року стане дешевше. Витрати на вироблення електроенергії від сонячної енергії знизяться ще на 66% до 2040.

Промислові системи зберігання енергії конкурують із установками, які працюють на природному газі, щоб забезпечити гнучкість системи в періоди пікового попиту та збільшити обсяг таких електростанцій до 16%. У поєднанні з малогабаритними батареями це допоможе відновлюваним джерелам досягти частки ринку в 74% у Німеччині до 2040 року, а частка електроенергії на ФЕП становитиме 15%. Це, у поєднанні із зростанням широкомасштабних відновлюваних джерел енергії, зменшує потребу у існуючих великомасштабних вугільних і газових заводах.

Більшість вітряних установок в Німеччині перебувають у прибережних районах. До 2025 року їх встановлену потужність передбачається довести до 45 ГВт. Збільшення потужності передбачається досягти внаслідок модернізації вже існуючих вітряних установок.

ФЕП є найпоширенішим сектором у сонячній енергетиці за рахунок тарифного регулювання. Мається на увазі, що до 2025 року встановлена потужність станцій ФЕП складе 39,5 ГВт.

Біоенергетика займає ключову роль у розвитку відновлюваних джерел енергії в Німеччині. У ролі сировини використовуються деревина, біодизель, біоетанол, а також звалищний газ. До 2025 року прогнозується зростання сукупної потужності таких електростанцій до 9,3 ГВт [13].

До 2020 року передбачається збільшення потужності гідроенергетики до 6,5 ГВт. Зараз у Німеччині ведуться геологічні дослідження та пошук ділянок, на яких можливе будівництво ГеоТЕС. Прогнозується, що потужність вищезгаданих станцій до 2025 може досягти 600 МВт.

Перспективи розвитку відновлювальних джерел енергії у *Швеції*.

Ціль, встановлена Урядом Євросоюзу – 49% відновлюваних джерел енергії до 2025 року – було реалізовано на 4 роки раніше встановлений термін.

У 2016 році у Швеції було укладено міжпартійну угоду з приводу енергетичної політики країни. У рамках цієї угоди було встановлено дві ключові цілі:

- 1) До 2045 року Швеція має стати «кліматично нейтральною» – баланс емісії CO₂ має дорівнювати нулю або негативним.

- 2) До 2040 року 100% електроенергії має вироблятися на основі відновлюваних джерел енергії.

Уряд Швеції встановив розмір дотацій на встановлення сонячних батарей у 30% витрат на всіх інвесторів. До 2020 року на здійснення цієї програми з бюджету буде виділено 90 млн. євро. Відповідно до прогнозів, до 2035 року частка ФЕП у виробництві енергії у Швеції становитиме 16%.

До 2020 року будівництво нових вітряних електростанцій може створити 18 000 робочих місць даному секторі. У різних сценаріях розвитку виробництво гідроенергії збільшиться з 65ТВт*г до 75 ТВт*г у мінімальному сценарії, і до 95 ТВт*г у максимальному сценарії.

Відповідно до вивчених даних, можна дійти невтішного висновку, що є кілька сценаріїв розвитку – це сценарій незавершених планів, сценарій поточних планів, а також сценарій можливостей.

В результаті проведеного аналізу можна зробити наступний висновок:

1. Викиди CO₂ в енергетичному секторі Великобританії з 2015 по 2025 рік мають скоротитися на 52%, при цьому виробництво електроенергії на основі низьковуглецевих джерел зросте за той же період до 61%. Також варто згадати, що вартість енергії, виробленої із сонячної енергії буде нижче, ніж вартість вугілля.

2. До 2020 року їх встановлену потужність передбачається довести до 45 ГВт, проте збільшення потужності передбачається досягти внаслідок модернізації вже існуючих вітряних установок. До 2040 року частка відновлюваних джерел енергії у Німеччині становитиме 79%. Сонячна енергія в цій країні вже стоїть так само дешево, як вугілля, а до 2025 року стане ще дешевше. Витрати на вироблення електроенергії від сонячної енергії знизяться ще на 66% до 2040 року.

3. У порівнянні з Великобританією та Німеччиною, Швеція виконала план зі збільшення частки відновлюваних джерел енергії на 4 роки раніше встановленого терміну, де частка ВДЕ склала 53,8% кінцевого споживання енергії у той час, як метою було досягнення 49%. До 2045 року Швеція стане «кліматично-нейтральною» країною з нульовими викидами CO₂ в атмосферу та потім повинна досягти негативних викидів.

Також варто зазначити, що в глобальному масштабі відновлювані джерела енергії забезпечили 10,3 млн. робочих місць у 2023 році, тобто спостерігається зростання в 5,3% порівняно з попередніми роками.

2.2. Стратегія Європейського Союзу щодо використання відновлюваних джерел енергії

Початок діалогу країн-учасниць ЄС про перспективи розвитку ВДЕ було покладено у 1996 р. з виходом у світ Зеленої книги Європейської комісії

«Енергія майбутнього: відновлювані джерела енергії», яка ставила за мету досягти до 2010 р. 12 % використання енергії відновлюваних джерел від загального споживання енергії [4]. На її основі було створено Білу книгу, що містить перелік необхідних дій для розвитку відновлюваної енергетики [7]. У документі наголошувалося, що «заохочення електроенергії, виробленої з поновлюваних джерел енергії, є пріоритетом Співдружності для забезпечення безперебійності та різноманітності енергопостачання, захисту навколишнього середовища та соціальної та економічної інтеграції». Здійсненню цих заходів могла допомогти розрахована на два роки програма ALTENER II, на реалізацію якої ЄС планував витратити 22 млн єкю.

У вересні 2001 р. було опубліковано першу Директиву 2001/77/ЄС «Про заохочення електроенергії, виробленої із відновлюваних джерел енергії на внутрішньому ринку електроенергії», що ставила мету збільшити до 2010 р. частку електроенергії, виробленої в ЄС за допомогою ВДЕ, до 22 %. До того ж «збільшення використання електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, являє собою важливу частину пакету заходів, необхідних для виконання Кіотського протоколу», зазначалося у документі [7].

На неофіційній зустрічі у Хемптон-Корті у жовтні 2005 р. лідери країн ЄС обговорили комплекс заходів, так звану нову енергетичну політику, яка більш чітко окреслила завдання у галузі енергозбереження та впровадження ВДЕ у країнах Євросоюзу. Була вперше наголошено на важливості «зеленої» енергетики у боротьбі з кліматичними проблемами [8]. Схвалений у 2007 р. пакет дій у галузі кліматичної політики та відновлюваної енергетики передбачав підвищення енергоефективності за рахунок розвитку «зелених» технологій та збільшення частки відновлюваних джерел енергії до 20% загального споживання енергії в ЄС. У прийнятій Європейською комісією Дорожньої карти в галузі відновлюваної енергетики було сформульовано принципи досягнення поставленої мети, вимоги до національних планів дій країн Євросоюзу, конкретизовано цілі з окремих видів відновлюваних джерел.

У 2009 р. Європейська рада та Європарламент ухвалили нову директиву (План 20/20/20) щодо використання енергії з відновлюваних джерел. «Ключовою метою Європейського Співтовариства є підвищення до 2020 року енергоефективності на 20%... ця мета відіграє вирішальну роль у досягненні кліматичних та енергетичних цілей з найменшими витратами та створить нові можливості для економіки Європейського Союзу» [10]. Крім того, в документі були позначені індивідуальні показники для кожної країни-члена Європейського Союзу щодо виробництва енергії з відновлюваних джерел, які вони мали досягти до 2020 року. Наприклад, найменший показник було встановлено для Республіки Мальта – 10 % (2005 р. дорівнював нулю), а для Королівства Швеція найвища – 49 % (39,8 % у 2005 р.). Вже до 2012 р. деякі країни ЄС – Болгарія, Естонія та Швеція – перевищили плановані показатели.

Одним із перших завдань, яке необхідно було вирішити для досягнення заявленої мети, була оптимізація енергоефективності на рівні будівель, тому що саме на них припадало близько 40% споживання електроенергії. Тому у 2010 р. було прийнято директиву, за якою з 2021 р. усі будівлі, що будуються, повинні відповідати стандарту «з майже нульовим споживанням енергії» (nearly zero-energy buildings). Іншими словами, кожна будівля повинна самостійно виробляти електроенергію та покривати своє енергоспоживання за допомогою ВДЕ. Згідно з розрахунками Європейської комісії, щоб виконати поставлене завдання, щорічно потрібно підвищувати енергоефективність у 3 % будівель. До того ж виконання зобов'язань цієї директиви дозволить знизити залежність Європи від імпорту копалин енергоресурсів: в оновленому тексті документа наголошується, що "1% економії енергії знижує імпорт газу на 2,6%".

Влітку 2018 р. до документу були внесені зміни, згідно з якими до 2050 р. за допомогою реновації весь фонд будівель на території ЄС має відповідати вищезгаданому стандарту.

Реалізація завдань, поставлених у вищезгаданих документах, здійснювалася за рахунок прямого субсидування з національних бюджетів. З

бюджету ЄС фінансувалися лише науково-дослідна діяльність та деякі інфраструктурні проекти. Однак світова економічна криза 2008-2009 років призвела до помітного скорочення державної підтримки. Так, у 2009 році Німеччина різко скоротила фінансування проектів у сфері сонячної енергетики. Її приклад наслідувала Іспанія, що призвело до збитковості сонячних електростанцій. 2011 р. те саме зробили Італія, Чехія та Франція, а Великобританія взагалі зменшила обсяги субсидування всім видам ВДЕ. Таким чином, у 2011 р. вперше за минуле десятиліття темпи зростання виробництва ВДЕ як скоротилися, а й у ряді країн – Франції, Румунії, Іспанії – намітився їхній спад [14]. Тільки у Великій Британії, Ірландії, Бельгії та Кіпрі темпи зростання виробництва ВДЕ перевищили минулорічні показники, а в Італії, Польщі та Нідерландах залишилися на тому ж рівні. Якщо розглядати загальний обсяг електроенергії, виробленої з ВДЕ у країнах ЄС, то до 2011 р. він скоротився на 2,7 %. І якщо раніше Європейська комісія виступала за збільшення інвестицій у розвиток поновлюваної енергетики, то до початку 2013 р. вона запропонувала переглянути існуючі механізми підтримки та зробити їх «економічно ефективними та орієнтованими на ринкові механізми» [12].

Зміна пріоритетів ЄС у сфері відновлюваної енергетики від стійкої до конкурентоспроможної енергії було декларовано на саміті Європейської ради, що відбувся у травні 2013 р., в оприлюдненому восени цього ж року «Повідомлення про майбутні принципи субсидування в енергетиці» містилися положення про зменшення субсидій ВДЕ та створення резервної потужності за рахунок газової та вугільної генерації енергії [12]. Однак у міру подолання наслідків європейськими країнами економічної кризи у виробництві поновлюваної енергетики знову намітився підйом.

На черговому саміті Європейської ради у жовтні 2014 р. було схвалено основні напрямки політики у галузі клімату та енергетики до 2030 р. (Стратегія 2030) [13], які передбачали скорочення викидів парникових газів та реформування системи торгівлі викидами вуглецю, а також ставили

обов'язкову мету збільшити до 2030 р. частку ВДЕ у кінцевому споживанні енергії Євросоюзу до 27%. Крім того, на черговому саміті ЄС у березні 2015 р. була поставлена мета формування Енергетичного союзу, в завдання якої, окрім іншого, входило здійснення взаємодії країн-учасниць у галузі розвитку ВДЕ [14].

У листопаді 2016 р. Європейська комісія представила програму "Чиста енергія для всіх європейців", що містить нормативні передумови для переходу ЄС до "зеленої" енергетики. Одним із положень цього документа було збільшення до 2030 р. за допомогою ВДЕ цільового показника енергоефективності до 30%, причому передбачалося зробити цей норматив обов'язковим у межах ЄС. За розрахунками Єврокомісії, це дозволить збільшити ВВП країн ЄС на 70 млрд євро і створить додатково близько 400 тис. робочих місць. Проте низка експертів підкреслювала, що розрахунки Комісії можуть бути надто оптимістичними, тому що збільшення робочих місць залежить від сприятливих для цього особливостей національних заходів стимулювання ВДЕ та національної політики в області відновлюваної енергетики загалом, інакше обов'язковість таких високих нормативів може призвести до скорочення вже існуючих робочих місць [15; 16]. Додатково для збільшення вищезазначеного показника до 30 % був необхідний жорсткий контроль та регулювання сфери відновлюваної енергетики та енергоефективності, а держави-члени були не готові повністю передати Європейському Союзу свої повноваження у цих галузях. Тому було прийнято лише частину пакету «Чиста енергія для всіх європейців», а решту відправлено на доопрацювання. 18 грудня 2017 р. у рамках Директиви 2009 р. про стимулювання використання енергії з відновлюваних джерел Європейською радою було прийнято новий пакет заходів, спрямований на збільшення субсидування у сфері відновлюваної енергетики, розширення прав споживачів у цій сфері, форсування впровадження ВДЕ у таких галузях, як охолодження/опалення, транспорт та енергозбереження. Було підтверджено намір Євросоюзу в рамках Стратегії 2030 досягти частки ВДЕ в 27% у

кінцевому споживанні енергії, для чого були потрібні інвестиції в розмірі 380 млрд євро на рік. Проте вже у листопаді 2018 р., бажаючи зберегти лідерство у розвитку та впровадженні ВДЕ, ЄС вирішив збільшити до 2030 року частку відновлюваної енергетики в кінцевому споживанні енергії з 27% до 32%.

Щоб гарантовано досягти необхідного показника до 2030 р., Європейський парламент підготував перелік заходів, спрямованих на зміцнення поновленої енергетики:

1. Поліпшення системи підтримки ВДЕ: вона має бути економічно ефективною та сприяти інтеграції ВДЕ ринку електроенергії. Національні системи підтримки поновлюваної енергетики країн-членів ЄС мають бути узгоджені між собою.

2. Встановлення чіткої та стабільної нормативної бази щодо використання ВДЕ споживачами.

3. Розширення використання ВДЕ у транспортному секторі. Очікується, що до 2030 р. електромобілі становитимуть значну частину всього транспорту в Європі, а 14% всього палива буде припадати на біопаливо.

4. Підвищення стабільності застосування біоенергетики. Передбачається налагодити ефективну систему утилізації відходів, щоб запобігти їх надмірному накопиченню та виробити чіткі критерії якості для стабільного виробництва біопалива [15].

У 2019 р. було прийнято другу частину пакету «Чиста енергія всім європейцям». Вона містила регламент готовності до ризиків у електроенергетичному секторі, що забезпечує безперебійність та безпеку електропостачання в кризових ситуаціях. У документі позначалися також заходи, які мали посилити конкуренцію та зменшити ціни для споживачів, що, у свою чергу, дозволило б змінювати обсяг виробництва електроенергії з ВДЕ: збільшувати, якщо імпорт енергоресурсів скоротиться і зменшувати, якщо загрози зриву поставок немає. Таким чином, друга частина пакету акцентувала увагу на зміцненні енергетичної безпеки Євросоюзу, а ВДЕ були ключовим інструментом у її досягненні.

Цього ж року Європейська комісія представила Європейську зелену угоду, метою якої є перетворення Європи до 2050 р. на «кліматично-нейтральний континент». Це передбачається зробити за допомогою декарбонізації (зниження, а потім повне припинення викидів вуглекислого газу) та повсюдного впровадження відновлюваних джерел енергії. Для цього тільки в найближчі десять років планується витратити 1 трлн євро. Однак не всі члени Євросоюзу зустріли цю пропозицію з оптимізмом: країни Східної та Центральної Європи, які мають високу частку вугілля в національних енергобалансах, заявили, що не готові до таких радикальних дій. Наприклад, Польща відмовляється приймати зобов'язання щодо декарбонізації, оскільки частка енергії, виробленої з допомогою вугілля, становить майже 80 %. Розроблена у 2018 р. «Енергетична політика Польщі до 2040 року» підтверджує, що кам'яне вугілля залишиться єдиним найважливішим джерелом виробництва електроенергії до 2040 р., хоча його роль і зменшуватиметься [15]. Однак Євросоюз всіляко намагається переконати всіх, що «сумніваються» за допомогою фінансових впливів у регіони, яким належить докласти найбільш великі зусилля для реалізації цілей Європейської зеленої угоди. Очікується, що у 2021–2027рр. для таких регіонів буде виділено 100 млрд. євро [16,17].

Незважаючи на всю амбітність поставленої мети, вона цілком здійсненна. Багато держав-членів ЄС встановили дати закриття вугільних заводів, наприклад, Франція планувала закриття останнього такого заводу в 2022 р., Німеччина значно пізніше – у 2038 р. [18]. У вересні 2020 р. Європейська асоціація електроенергетики, що представляє інтереси понад 3500 енергетичних компаній з 32 європейських країн, випустила «Енергетичний барометр» – набір ключових показників, що відбивають розвиток енергетичного сектора. Як йдеться у дослідженні, «процес декарбонізації електроенергетики йде швидкими темпами... Дві третини електроенергії, виробленої у Європі у першій половині 2020 року, не містять

викидів вуглецю». При цьому наголошується, що до 2030 р. у 21 країні Євросоюзу не буде вугільної генерації та до 80 % електроенергії ЄС може бути вироблено без використання викопного палива, а на основі ВДЕ (включаючи ГЕС) буде вироблятися 60% електрики.

Крім виконання завдань, поставлених Європейською комісією, кожна з країн-учасниць Європейського союзу розробляє свою національну стратегію, спрямовану на розвиток відновлюваної енергетики. Наприклад, у рамках німецької *Energiewende* передбачається до 2050 р. знизити споживання традиційних енергоресурсів, збільшити частку ВДЕ в виробництві електроенергії до 60%, реформувати національний ринок з метою покращення його ефективності з урахуванням зростаючої ролі ВДЕ. А енергетична політика Данії передбачає відмову від вугілля у виробництві енергії до 2030 р., забезпечення до 2035 р. опалення та електрики повністю з ВДЕ та повний перехід на генерацію енергії за рахунок ВДЕ до 2050 [19].

Країни Євросоюзу самостійно визначають заходи державного стимулювання та підтримки розвитку ВДЕ: пільгові ціни купівлі електроенергії, одержаної за допомогою ВДЕ; торгівля «зеленими» сертифікатами, заснована на квотуванні споживання електроенергії; податкові пільги для підприємств, що використовують ВДЕ, "зелені" тарифи тощо [20]. Наприклад, Швеція використовує «зелені» сертифікати для стимулювання біо- та вітроенергетики, а також надає гранти людям, які бажають обладнати свої приватні будинки або квартири сонячними панелями. Максимальна виплата гранту для приватного будинку складає 7500 шведських крон (близько 700 євро), для квартири – 5000 шведських крон (приблизно 470 євро). Данія, крім фінансування НДДКР, є першою серед країн Північної Європи застосувала субсидовані тарифи [21]. А в Австрії, Чехії, Бельгії та Угорщині витрати постачальників електроенергії, виробленої з відновлюваних джерел, оплачуються за рахунок кінцевих споживачів шляхом встановлення додаткової надбавки до тарифів, що включається до рахунку за електроенергію.

У 2016 р. міністри енергетики Німеччини, Люксембургу, Швеції, Норвегії, Нідерландів, Ірландії, Бельгії, Франції, Данії та Великобританії підписали меморандум про взаєморозуміння та програму роботи з метою зміцнення та розвитку співробітництва в галузі відновлюваної енергетики. У даних угоди викладають заходи, спрямовані на зниження загальних фінансових витрат, співробітництво в галузі планування енергомереж (для забезпечення раціонального розподілу енергії між країнами та безперебійності електрики), вироблення єдиних стандартів та правил у галузі ВДЕ, наголошується на необхідності створення спільних «зелених» проектів та спільних міждержавних програм.

Окрім фінансової підтримки європейські країни діляться досвідом та напрацюваннями у сфері відновлюваної енергетики, продають один одному надлишки виробленої ВДЕ енергії. Крім того, приватні компанії одних держав-учасниць Євросоюзу займаються будівництвом об'єктів ВДЕ на території інших країн ЄС. На початку 2020 р. було закінчено будівництво наземної вітряної електростанції Nawrocko у Польщі, яке здійснювалось німецькою енергетичною компанією RWE, а італійська компанія EnelGreenPower здійснює будівництво подібної електростанції у Греції.

Пандемія коронавірусної інфекції COVID-19 призвела до зниження попиту на електроенергію по всьому світу, зокрема у країнах ЄС, споживання енергії скоротилося на 4 %. Проте, на розвиток відновлюваної енергетики негативного впливу пандемія не мала. Навпаки, у 2020 р. у світі були запроваджені рекордні за всю історію потужності сонячної та вітрової енергетики – загалом понад 250 ГВт.

У січні 2021 р. німецький інститут Agora Energiewende та британський аналітичний центр Ember надали спільний звіт, згідно з яким Євросоюз відмовляється від вугілля швидше, ніж очікувалося, а виробництво енергії за допомогою ВДЕ знаходиться на рекордно високому рівні. Так, згідно зі звітом, частка електроенергії, виробленої у 2020 р. за допомогою ВДЕ, вперше перевищила частку електроенергії, отриманої за допомогою вугільних

електростанцій, і становить 38 %, тоді як частка викопного палива – лише 37 %³¹. Вироблення електростанцій, що використовують ВДЕ, збільшилася на 11%, а електростанцій, що працюють на нафтопродуктах, природному газі та вугіллі, скоротилася на 18 %, при цьому вугільна генерація впала на 32 % [22]. Що стосується виконання Плану 20/20/20, то у 2020 р. загальний показник щодо країн ЄС у кінцевому споживанні енергії становило 22,1 %, що приблизно на 2 % вище за цільовий показник. Національних показників було досягнуто у всіх країнах, за винятком Франції (19,1 % замість 23%). Трійку лідерів очолили Швеція (60,1 %), Фінляндія (43,8 %) та Латвія (42,1 %), мінімальні показники було зафіксовано у Бельгії (13 %), Люксембурзі (12%) та Мальті (11%).

У 2020 р. Європейська комісія представила програму «ЄС наступного покоління» з подолання рецесії та відновлення економіки після кризи, викликаной пандемією коронавірусу: «Це більше, ніж план відновлення. Це унікальний шанс стати сильнішим після пандемії, перетворити нашу економіку, створити можливості та робочі місця для Європи. Ми маємо все, щоб це здійснити». На реалізацію програми планується витратити близько 750 млрд євро, які будуть розподілені через інші вузькоспрямовані програми, однією з яких стане Європейська зелена угода.

Новий амбітний пакет заходів щодо скорочення парникових викидів під назвою Fit 55 (Готовність 55) був представлений Європейською комісією в липні 2021 р. «Наша нинішня економіка, заснована на викопному паливі, досягла своєї межі. Ми знаємо, що нам потрібно перейти до нової моделі – заснованої на інноваціях чистої енергії, яка рухається до економіки замкненого циклу. Саме тому ми вирішили зробити кліматичну мету не лише політичним прагненням, а й юридичним зобов'язанням» [23], – заявила голова Комісії Урсула фон дер Ляйєн. Згідно з поданим планом, передбачається до 2030 р. скоротити викиди вуглекислого газу на 55 % порівняно з рівнем 1990 р., що вимагатиме більш високої частки поновлюваних джерел енергії в енергобалансі Євросоюзу. Бо на енергетичний сектор припадає понад 75%

викидів вуглекислого газу, Європейська комісія поставила за мету збільшити до 2030 року частку енергії, що виробляється за допомогою ВДЕ, з 32% до 40%.

У першій половині 2024 р. відновлювані джерела енергії, як і раніше, впевнено випереджали види палива (вугільна генерація, як і раніше, переживає спад). Попит на електроенергію зріс на 6 % порівняно з першим півріччям 2023 р. та майже досяг до пандемічного рівня. Однак вироблення електроенергії з викопного палива було на 10% нижче, а виробництво електроенергії з відновлюваних джерел у першому півріччі 2024р., навпаки, збільшилося на 11%, що було обумовлено структурним зростанням вітрової та сонячної енергії, а також високим виробленням гідроелектроенергії. Крім того, зростання цін на газ і вугілля призвело до того, що вартість виробництва електроенергії з викопного палива стала вищою за вартість електроенергії, виробленої на вітряних та сонячних електростанціях³⁶ [23].

Можна сказати, що відновлювана енергетика має дуже високий потенціал у Європейському союзі. І справа не тільки в тому, що ЄС активно розвиває цю галузь та створює механізми для стимулювання впровадження ВДЕ. Завдяки розумінню наростаючих екологічних та кліматичних проблем, європейське суспільство готове до переходу з традиційних енергоресурсів до "зеленої" енергії. Різні аналітичні агентства дають оптимістичні прогнози щодо розвитку відновлюваної енергетики в Європейському регіоні. Наприклад, вчені з Технологічного університету Лаппенранта дійшли висновку, що до 2050 р. у всіх секторах: енергетиці, теплопостачанні та транспорті – можливий перехід на повне забезпечення електрикою за рахунок ВДЕ. Автори дослідження зазначають, що із збільшенням чисельності населення попит на енергію буде зростати, тому ВДЕ чудово підійдуть у якості енергоефективних технологій.

Не викликає сумнівів подальше стаке зростання поновлюваної енергетики. За прогнозами експертів, «у перспективі до 2040 р. ВДЕ продемонструють найвищі темпи зростання серед усіх, що розглядаються,

енергоресурсів – 6,3–8,3 % на рік – і саме з їх подальшим розвитком пов'язані найсерйозніші трансформації світової енергетики. У період до 2040 р. споживання всіх ВДЕ зросте на 76–115 %, а обсяги ВДЕ, що використовуються для виробництва електроенергії, зростуть у 2,5–3,7 раз, насамперед, за рахунок багаторазового збільшення потужності сонячної та вітрової генерації» [24]. У своїй щорічній доповіді за 2023 рік Міжнародне енергетичне агентство зазначає, що «сонце стає новим королем електроенергетики», сонячна енергія дешевша за електрику нових вугільних або газових станцій і найрентабельніше нове джерело електроенергії в багатьох країнах. Витрати та вартість виробництва електрики з відновлюваних джерел (насамперед сонячної енергії) скорочуватимуться і далі, а складність та вартість видобутку викопного палива, навпаки, зростати. Таким чином, у найближчому майбутньому електрика, вироблена за допомогою ВДЕ, стане стабільно дешевшою за продукцію вуглеводневої генерації [25].

Однак на шляху швидшого розвитку ВДЕ виникають певні бар'єри. Доступність все ще великих запасів викопного палива знижує прагнення якнайшвидше здійснити перехід на ВДЕ. Подібна ситуація спостерігається не лише на території ЄС, а й у всьому світі. Посилення позицій сланцевого газу, удосконалення технологій атомної енергетики також знижують темпи впровадження ВДЕ. Розвиток технологій поновлюваної енергетики ускладнюється необхідністю вкладення колосальних інвестицій, які мають авансовий характер та почнуть окупатися лише після завершення будівництва об'єкту ВДЕ. Існує і низка проблем технічного характеру, які поки що не вдалося вирішити: функціонування вітряних установок у період сильних морозів (зараз їх доводиться відключати), шумове забруднення, джерело інфразвуку тощо. Однак, як свідчить світовий досвід, без послідовної державної політики щодо розвитку та впровадження низьковуглецевих енергетичних технологій, щодо просування енергозберігаючих технологій та технологій використання ВДЕ досягти значного прогресу навряд чи можливо.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2:

1. Проаналізований стан розвитку відновлювальної енергетики на прикладі Великої Британії, Німеччини, Швеції.

2. Можна сказати, що відновлювана енергетика має дуже високий потенціал у Європейському союзі. І справа не тільки в тому, що ЄС активно розвиває цю галузь та створює механізми для стимулювання впровадження ВДЕ. Завдяки розумінню наростаючих екологічних та кліматичних проблем, європейське суспільство готове до переходу з традиційних енергоресурсів до "зеленої" енергії.

3. Не викликає сумнівів подальше стале зростання поновлюваної енергетики. За прогнозами експертів, «у перспективі до 2040 р. ВДЕ продемонструють найвищі темпи зростання серед усіх, що розглядаються, енергоресурсів – 6,3–8,3 % на рік – і саме з їх подальшим розвитком пов'язані найсерйозніші трансформації світової енергетики. У період до 2040 р. споживання всіх ВДЕ зросте на 76–115 %, а обсяги ВДЕ, що використовуються для виробництва електроенергії, зростуть у 2,5–3,7 раз, насамперед, за рахунок багаторазового збільшення потужності сонячної та вітрової генерації»

4. Витрати та вартість виробництва електрики з відновлюваних джерел (насамперед сонячної енергії) скорочуватимуться і далі, а складність та вартість видобутку викопного палива, навпаки, зростати. Таким чином, у найближчому майбутньому електрика, вироблена за допомогою ВДЕ, стане стабільно дешевшою за продукцію вуглеводневої генерації.

5. Однак на шляху швидшого розвитку ВДЕ виникають певні бар'єри. Доступність все ще великих запасів викопного палива знижує прагнення якнайшвидше здійснити перехід на ВДЕ. Подібна ситуація спостерігається не лише на території ЄС, а й у всьому світі.

6. Посилення позицій сланцевого газу, удосконалення технологій атомної енергетики також знижують темпи впровадження ВДЕ.

7. Розвиток технологій поновлюваної енергетики гальмується необхідністю вкладення колосальних інвестицій, які мають авансовий

характер та почнуть окупатися лише після завершення будівництва об'єкту ВДЕ.

8. Існує і низка проблем технічного характеру, які поки що не вдалося вирішити: функціонування вітряних установок у період сильних морозів (зараз їх доводиться відключати), шумове забруднення, джерело інфразвуку тощо.

9. Однак, як свідчить світовий досвід, без послідовної державної політики щодо розвитку та впровадження низьковуглецевих енергетичних технологій, щодо просування енергозберігаючих технологій та технологій використання ВДЕ досягти значного прогресу навряд чи можливо.

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА РИНОК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРУ МЕРЕЖІ

3.1.Фіскальне стимулювання розвитку відновлюваної енергетики

Світова відновлювана енергетика (ВЕ) за останні 15 років демонструє досить високі темпи зростання (табл.3.1).

Таблиця 3.1 – Показники розвитку відновлюваної енергетики у світі (2018-2023 рр.)

Показник	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Інвестиції у ВЕ та паливо за рік, млрд дол США	45	232	273	312,2	241,6	537
Сумарна встановлена потужність ВДЕ (без гідроенергетики), ГВт	85	560	665	785	921	1084
Потужність ВЕ (разом, враховуючи гідроенергетику), ГВт	800	1578	1791	1856	2017	252
Встановлена потужність ГЕС, ГВт	715	1018	1036	1071	1096	153
Встановлена потужність біоенергетики, ГВт	<36	88	101	106	112	311
Виробка біоенергетики, ТВт·г	227	396	429	464	504	222
Встановлена потужність геотермальної енергетики, ГВт	8,9	12,1	12,9	13	13,5	152

Встановлена потужність сонячної ФЕТ, ГВт	2,6	138	177	228	303	11654
Встановлена потужність вітроенергетики, ГВт	48	319	370	433	487	1015
Встановлена потужність сонячних водонагрівачів, ГВт	86	373	409	435	456	530
Виробництво етанолу (за рік), млрд л	28,5	87,8	94,5	98,3	98,6	346
Виробництво біодизелю (за рік), млрд л	2,4	26,3	30,4	30,1	30,8	1283

Як очевидно з даних табл.3.1, сумарна потужність генерації на основі ВДЕ зросла з 2018 до 20213 р. більш ніж у 10 разів, а 2023 р. порівняно з 2022 р. — на 9%. У 2023 р. найбільші потужності були введені у фотоелектричній енергетиці (47%), вітроенергетиці (34%) та гідроенергетиці (15,5%).

Інвестиції у відновлювані енергетику та паливо починаючи з 2010 р. зростали на величину понад 200 млрд дол США щорічно, а 2018 р. — понад 300 млрд дол США. У 2018-2023 роках щорічні інвестиції у створення нових потужностей відновлюваної енергетики, включаючи всю гідроенергетику, перевищили приблизно вдвічі даний показник по викопному паливу [26].

До найбільш значних тенденцій розвитку відновлюваної енергетики у світі можна віднести такі:

- рекордне скорочення собівартості електроенергії на основі відновлюваних джерел, особливо фотоелектричної та вітрової енергії відновлювана електроенергія тепер є найменш витратною альтернативою, доступною в тому числа бідним країнам.

- відмова низки країн (регіонів, міст, найбільших корпорацій) від використання генерації на викопному паливі та атомної генерації для забезпечення базового режиму електропостачання на користь ВДЕ (Данія, Німеччина, Португалія, Ірландія, Кіпр);

- прискорений розвиток відновлюваної енергетики у світі, що розвивається (Китай, Індія), а в ряді країн — переважно за рахунок ринків розподіленої генерації, міні мереж та автономних систем Бангладеш, країни Африки);

- повільне розширення практики стимулювання придбання електромобілів та використання ВДЕ для постачання залізничного транспорту (Індія, Марокко), а також теплової енергії (сонячної та геотермальної) у промислових цілях та в системах централізованого теплопостачання;

- розвиток передових технологій: ІКТ, систем зберігання енергії, електромобілів та теплових насосів.

У 2023 р. лідируючі позиції у топ-5 країн за валовим показником інвестицій у відновлювану енергетику та паливо зайняли Китай, США, Великобританія, Японія, Німеччина. За обсягом даного показника в різні види відновлюваних джерел енергії до лідерів також увійшли Бразилія, Південна Африка, Індонезія. Найбільше значення інвестицій у відновлювану електроенергетику та паливо на одиницю ВВП було досягнуто у Болівії, Сенегалі, Йорданії, Гондурасі та Ісландії.

За загальною потужністю генерації на основі відновлюваних джерел енергії на початок 2023 р. у топ-5 країн включено Китай, США, Бразилію, Німеччину, Канаду. За питомим показником відновлюваної потужності на людину (без урахування гідроенергії) - Ісландія, Данія, Швеція, Німеччина, Іспанія, Фінляндія. За потужністю у розрізі окремих видів ВДЕ список лідерів поповнився за рахунок Японії, Індії, Іспанії, Данії, Філіппін.

Ключовими видами інструментів фіскального стимулювання розвитку відновлюваної енергетики у світі є:

1) капітальні субсидії, гранти чи знижки, що передбачають одноразові платежі урядів на покриття відсотків від капітальних витрат за інвестиції (Capital subsidy, grant, or rebate);

2) інвестиційні чи виробничі податкові кредити у формі вирахування із суми корпоративного прибуткового податку інвестору або виробнику ВДЕ у розмірі, що залежить від суми інвестицій або кількості генерованої електроенергії (Investment or production tax credits);

3) зниження податків, що застосовується до купівлі (або виробництва) технологій використання відновлюваних джерел енергії (Reductions in sales, energy, CO₂, VAT, or other taxes);

4) прямі виплати уряду за одиницю виробленої відновлюваної енергії (Energy production payment);

5) державні інвестиції, позики чи гранти на розвиток інфраструктури та реалізацію проектів у галузі відновлюваних джерел енергії (Public investment, loans, or grants).

Розглянемо практику застосування даних фіскальних стимулів, що використовуються у межах державної політики країн, що увійшли до топ-5 за рівнем показників розвитку відновлюваної енергетики 2023 р. (табл.3.2).

Таблиця 3.2 – Фіскальні стимули для розвитку відновлюваної енергетики у зарубіжних країнах

Країна	Капітальні субсидії, скидки	Інвестиційні або виробничі податкові кредити	Зниження податків при покупці або виробництві ВДЕ	Плата за виробництво відновлюваної енергії	Державні інвестиції, кредити або гранти
Китай	+	+	+	+	+
США	+	+	+	-	+
Німеччина	+	+	+	-	+

Японія	+	-	-	-	+
Індія	+	+	+	+	+
Бразилія	-	+	+	-	+
Канада	+	+	+	-	+
Данія	+	+	+	-	+
Швеція	+	+	+	-	+
Іспанія	+	+	-	+	-
Фінляндія	+	-	+	+	+

Як очевидно з даних табл.3.2, найчастіше у зарубіжних країнах використовуються інструменти, що передбачають бюджетне співфінансування проєктів, а також субсидування відсотків (першою та п'ятої груп). Досить рідко використовуються прямі бюджетні виплати за одиницю виробленої відновлюваної енергії: всього 5 із аналізованих 11 країн. Серед податкових інструментів однаково затребувані як податкові кредити, так і маневрування податковим навантаженням на діяльність суб'єктів, які використовують і не використовують ВДЕ.

Докладніше зупинимося на практиці податкового стимулювання двох країн - лідерів у розвитку відновлюваної енергетики: Китаї та США.

Китай є найбільшим у світі емітентом парникових газів, діоксиду сірки, оксидів азоту та твердих частинок, оскільки він споживає найбільший у світі обсяг енергії, у тому числі 67% первинної енергії та 73% виробленої з вугілля. Щоб упоратися з енергетичною безпекою та проблемами навколишнього середовища, Китай активно розвиває відновлювані джерела енергії з 2000 р. і досяг швидкого прогресу (середній річний темп зростання 62,5% за останнє десятиліття). До 2030 р. Китай планує використати щонайменше 16% відновлюваних джерел енергії від загального обсягу енергоспоживання [27].

У рамках корпоративного прибуткового податку використовуються такі основні преференції:

- знижена ставка (15 %) для кваліфікованих, високотехнологічних виробників сонячної, вітрової, геотермальної енергії та енергії біоматеріалів;

- звільнення від оподаткування низки доходів (пожертвування міжнародних фінансових організацій, вітчизняних та іноземних юридичних та фізичних осіб та ін.) фонду, створеного відповідно до Кіотського протоколу для реалізації проєктів з механізму чистого розвитку (Clean Development Mechanism) (далі - фонду CDM);

- трирічне звільнення від оподаткування та наступний за ним трирічний період застосування зниженою на 50% ставки прибуткового податку, по-перше, для доходів, отриманих від певних проєктів, що підтримуються фондом CDM, по-друге, для доходів, отриманих від кваліфікованих природоохоронних і енергетичних чи водозберігаючих проєктів;

- десятивідсотковий податковий кредит від суми інвестицій у спеціальне обладнання, пов'язане з охороною навколишнього середовища, енергією охороною води та безпекою виробництва з прибуткового податку, що підлягає виплаті за поточний рік, а також за нестачі прибутку поточного періоду - наступні п'ять років.

Крім того, в Китаї для регулювання паритету цін на традиційну та відновлювану енергію використовується ПДВ:

- відшкодування 50% ПДВ при продажу вітрової енергії, а також виробництво власної електроенергії;

- відшкодування 100% ПДВ при продажу біодизельного масла, що утворюється при переробці відходів тваринного жиру та рослинної олії;

- відшкодування частини ПДВ, сплаченого понад 8% (до 31.12.2015) та понад 12% (з 01.01.2016 п о 31.12.2020) , продажу електроенергії власного виробництва гідроелектростанціями із встановленою потужністю 1 млн. кВт.

У США діє одна з найбільш диференційованих систем податкового стимулювання відновлюваної енергетики та енергоефективності в рамках прибуткового оподаткування.

Таким чином, у податкових системах зарубіжних країн — лідерів за обсягами виробництва та встановленої потужності відновлюваної енергетики діють численні спеціальні податкові преференції у комплексі з іншими фіскальними заходами підтримки, спрямованими на стимулювання генерації поновлюваних джерел енергії.

Механізм податкового стимулювання відновлюваної енергетики в Україні, на нашу думку, вимагає доопрацювання в частині:

1) порядку надання інвестиційного податкового кредиту та інвестиційного відрахування з податку на прибуток організацій для розширення практики їх використання інвесторами та генеруючими організаціями під час модернізації своєї потужності;

2) порядку надання майнового податкового відрахування з податку на доходи фізичних осіб у розмірі фактично вироблених платником податків витрат на придбання та встановлення об'єктів мікрогенерації на основі ВДЕ, а також на погашення відсотків за цільовими позиками (кредитами), фактично витраченим на зазначені цілі, або запровадження податкового кредиту для фізичних осіб на вказані цілі;

3) запровадження механізму податкового стимулювання діяльності прос'юмерів на роздрібному ринку електроенергії, що передбачає звільнення доходів цієї категорії платників податків, отриманих від передачі електроенергії постачальнику, що гарантує, в рамках спеціальних податкових режимів, і загального режиму оподаткування, зокрема з податку на прибуток організацій, чи надання їм можливості застосування патентної системи оподаткування.

Розвиток відновлюваної енергетики в Україні вимагає формування комплексного механізму фіскальної підтримки та стимулювання, що включає податкові преференції для всіх учасників відтворювального процесу у галузі.

3.2. Прогноз перетворення енергетичної системи світу

Зараз, на жаль, енергетичний перехід відхиляється від поставленої мети. Наслідки пандемії COVID-19 та резонансний ефект української кризи ще більше посилюють проблеми, які постали перед енергетичним переходом [25].

Наразі ставки максимально високі: кожна частка градуса зміни глобальної температури може призвести до серйозних і далекосяжних наслідків для природних систем, людського суспільства та економіки.

Для обмеження глобального потепління 1,5 °C необхідно скоротити викиди вуглекислого газу (CO₂) приблизно на 37 млрд т порівняно з рівнем 2022 р. та досягти чистого нульового рівня викидів в енергетичному секторі до 2050 р. Незважаючи на певний прогрес, все ще зберігається значний розрив між нинішнім рівнем впровадження технологій енергетичного переходу та рівнями, необхідними для досягнення мети Паризької угоди щодо обмеження зростання глобальної температури 1,5°C щодо до індустріальних рівнів до кінця цього століття. Шлях, сумісний зі стратегією "1,5°C", вимагає повномасштабної трансформації способів виробництва та споживання енергії суспільством.

Руху інструментів політики та інвестицій у правильному напрямку не вистачає послідовності. Хоча у 2022 р. спостерігався рекордний приріст електроенергетичної потужності на основі ВДЕ, тоді ж були зафіксовані наймасштабніші за всю історію субсидії на викопне паливо, хоча багато урядів прагнули пом'якшити удар високих цін на енергію по споживачам та підприємствам. Загальносвітові інвестиції у всі технології енергетичного переходу досягли рекордного рівня 1,3 трлн дол. США у 2022 р., проте капітальні інвестиції в викопні види палива майже вдвічі перевищили інвестиції у відновлювану енергетику. Оскільки відновлювані джерела енергії та їх енергоефективність найкраще підходять для виконання зобов'язань щодо клімату, а також для досягнення цілей енергетичної безпеки та цінової доступності енергії, урядам необхідно подвоїти свої зусилля, щоб гарантувати правильний напрямок інвестицій.

Щорічно розрив між досягнутими результатами та необхідними показниками продовжує збільшуватися. Показники енергетичного переходу, які представлені агентством IRENA, демонструють необхідність значного прискорення у всіх енергетичних секторах та технологіях: від більш глибокої електрифікації кінцевого споживання в транспортній галузі та секторі теплопостачання до прямого використання відновлюваних джерел енергії, забезпечення енергоефективності та будівництва нових інфраструктурних об'єктів. Затримки лише ускладнюють виконання і так непростого завдання щодо досягнення встановлених МГЕЗК показників щодо скорочення викидів у 2030 р. та 2050 р. у рамках траєкторії «1,5°C». Крім того, така відсутність прогресу призведе до зростання майбутніх інвестиційних потреб і витрат у зв'язку з наслідками зміни клімату, що погіршуються.

Інвестиції у відновлювану енергетику, як і раніше, зосереджені в обмеженій кількості країн та орієнтовані лише на кілька технологій. Інвестиції у відновлювану енергетику (включаючи електроенергію та кінцеве споживання) досягли 0,5 трлн дол. США в 2022 р.; однак це приблизно одна третина необхідних середньорічних інвестицій у відновлювані джерела енергії під час реалізації сценарію «1,5°C». Більше того, 85% загальносвітових інвестицій у відновлювану енергетику принесли користь менше 50% населення світу, а на Африку припало лише 1% потужності, доданих у 2022 р. Інвестиції в автономні системи на основі відновлюваної енергії у 2021 р. склали 0,5 млрд дол. США, що набагато нижче 15 млрд дол. США, які необхідно щорічно інвестувати в період до 2030 р. Хоча існує безліч різних технологій, більша частина інвестицій (95%) була спрямована на технології сонячної фотоелектричної та вітрової енергії. Більш значні обсяги фінансування повинні спрямовуватись на інші технології енергетичного переходу, такі як біопаливо, гідроенергетика та геотермальна енергія, а також у галузі за межами електроенергетики, з меншою часткою відновлюваних джерел енергії в загальному кінцевому споживанні енергії (опалення та транспорт).

Стратегія з обмеження глобального потепління 1,5°C створить більше робочих місць в економіці. У разі реалізації сценарію «1,5°C» зайнятість у масштабах усієї економіки у період 2023-2050 рр. зросте у середньорічному вираженні на 1,7% порівняно зі сценарієм PES (запланований енергетичний сценарій) (рис.3.1). З урахуванням початкових інвестицій річна зайнятість у масштабах усієї світової економіки в середньому буде на 1,8% вище в період до 2040 р., але лише на 1,5% вище за останнє десятиліття (2041-2050 рр.).

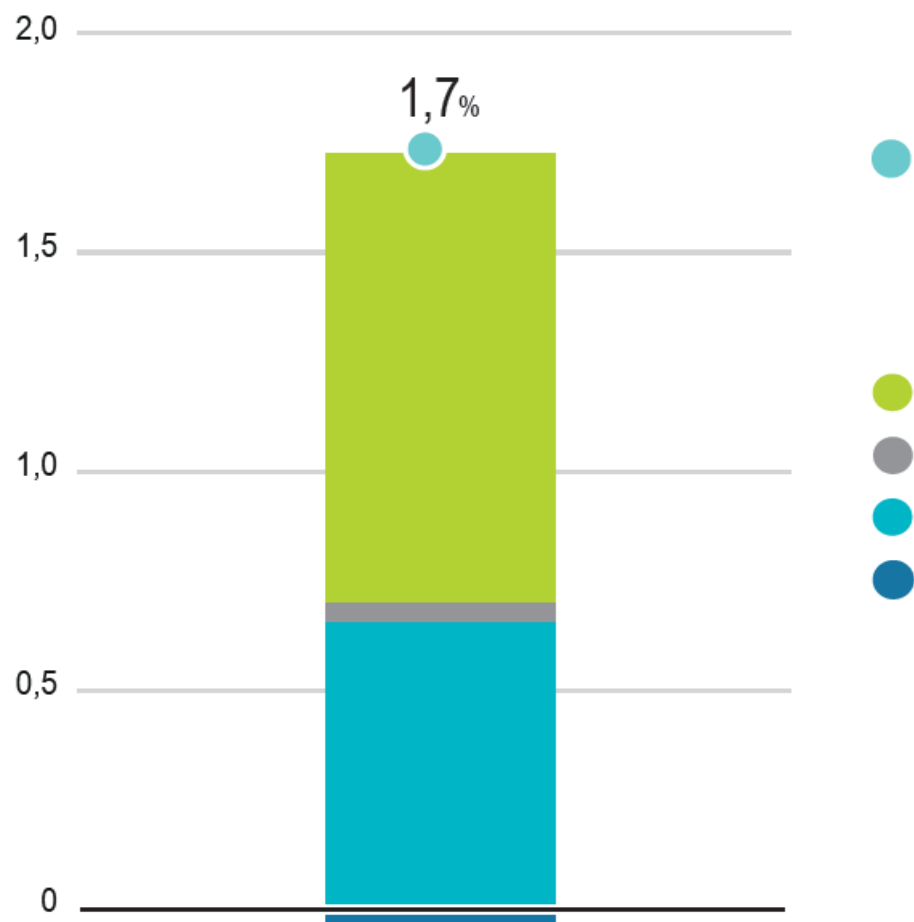


Рисунок 3.1 - Різниця за показником зайнятості порівняно зі сценарієм PES (%): бірюзовий колір – зміна в зайнятості; оливковий – інші прямі та непрямі наслідки; сірий – торгівля; приватні інвестиції

Завдяки енергетичному переходу зросте зайнятість у енергетичному секторі. Враховуючи початкові інвестиції, до 2030 р. кількість робочих місць

в енергетичному секторі може зрости до 101 млн у рамках сценарію PES. У разі реалізації сценарію «1,5°C» це число становитиме 134 млн, що вдвічі більше за нинішні 67 млн (рис.3.2). Порівнявши сценарії PES та «1,5°C», можна побачити, що значні втрати робочих місць (близько 12 млн) у галузях, пов'язаних з викопним паливом, надлишок компенсуються створенням 45 млн робочих місць у рамках енергетичного переходу до 2030 р., а саме у сферах, пов'язаних з ВДЕ (близько 11 млн), та інших секторах, пов'язаних з енергетичним переходом (енергоефективності, електроенергетичних мереж та гнучкості, інфраструктури для зарядки транспортних засобів та водню – близько 34 млн). Після 2030 р. зміни у сфері зайнятості будуть незначними.

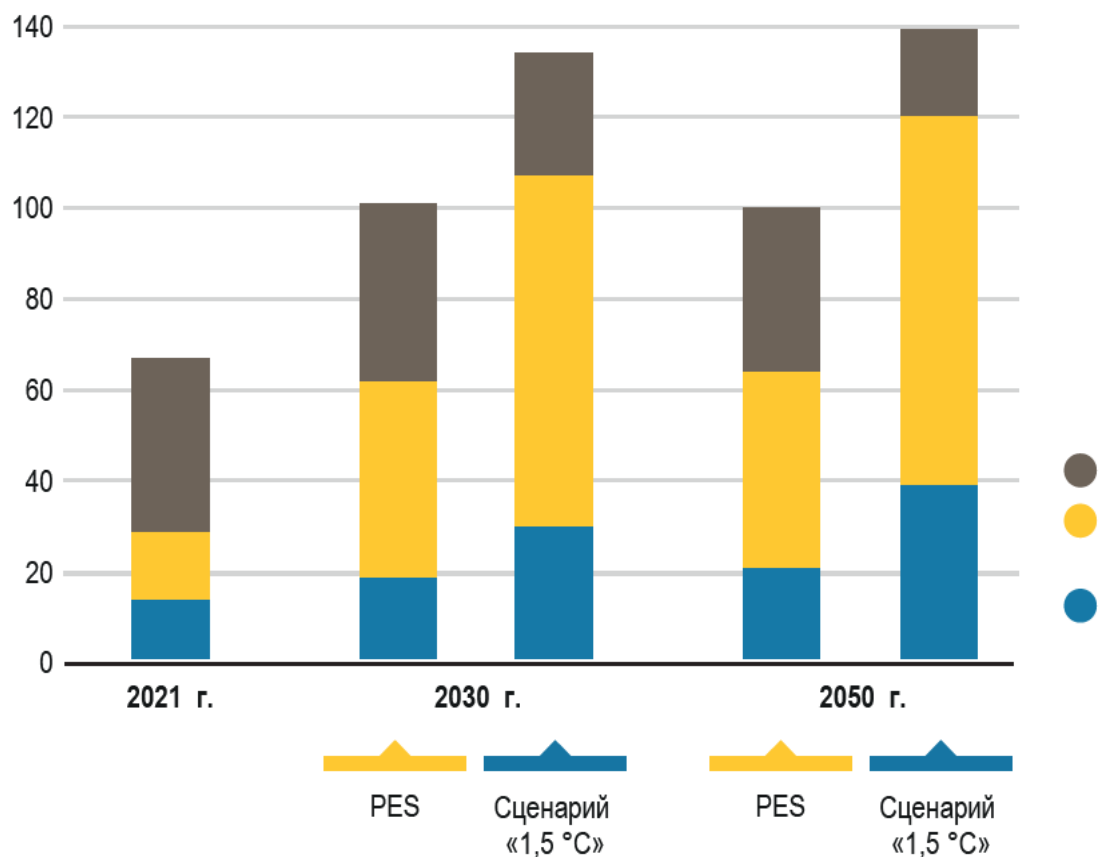


Рисунок 3.2 - Робочі місця у світі у сценаріях PES та «1,5 °C», 2021-2050 рр.: коричневий колір – традиційна енергія; жовтий – інші сектори, пов'язані з енергетичним переходом; синій – відновлювальна енергетика

Можна сказати, що сучасний розвиток енергетики чітко йде по двом розробленим сценаріям:

1. Запланований енергетичний сценарій є основним еталонним сценарієм для цього дослідження; він дає уявлення про розвиток енергетичних систем на основі енергетичних планів урядів та інших запланованих цільових показників та інструментів політики, які діють на момент аналізу, з акцентом на країни двадцятки.

2. Сценарій «1,5°C» описує стратегію енергетичного переходу, узгоджену з кліматичною метою в 1,5°C, яка полягає в обмеженні зростання глобальної середньої температури до кінця поточного століття на 1,5° C щодо до індустріальних рівнів. У цій стратегії першорядна увага приділяється вже доступним технологічним рішенням, які можуть бути масштабовані для досягнення мети 1,5 °C.

3.3. Вплив відновлювальної енергетики на інфраструктуру електричної мережі

Слід відзначити, що після 2010 року швидкий розвиток вітроенергетики спостерігається в багатьох регіонах, особливо у Китаї, де показник середньорічного темпу росту (СРТР) становить близько 27%. До 2018 року Китай випередив Європу і став найбільшим наземним вітроенергетичним ринком із майже однією третьою встановленої потужності у світі. У 2018 році у нові ВЕС було інвестовано майже \$29,4 млрд при цьому питомі витрати на наземну вітроенергетику в середньому склали - \$1,54 млн за МВт, а в офшорну - \$2,57 млн за МВт.

Наприкінці 2018 року загальна сукупна встановлена потужність наземної вітрової енергетики досягла 542 ГВт, а наприкінці 2019 року 621 ГВт.

За оцінкою IRENA [25], протягом наступних трьох десятиліть наземні вітроенергетичні установки повинні мати середньорічний показник СРТР понад 7% (рис. 3.3).

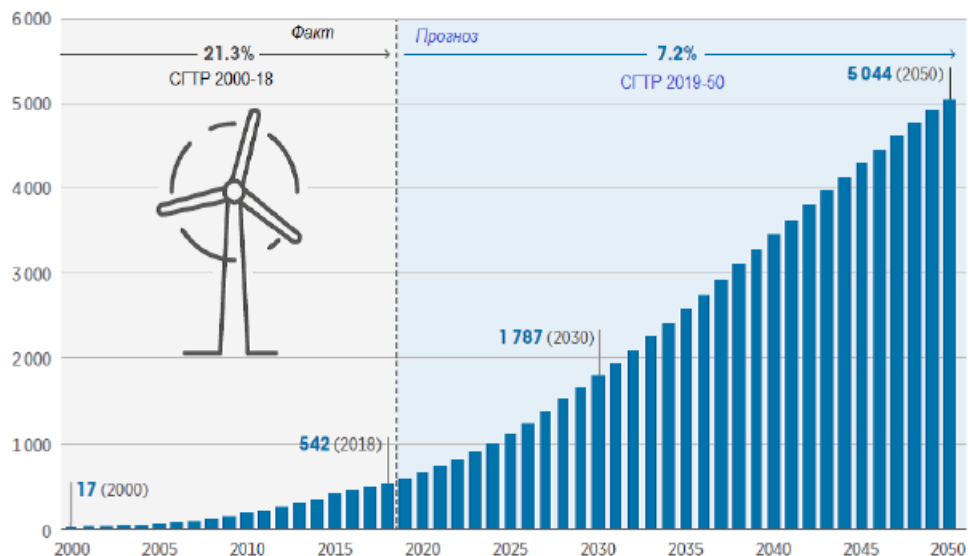


Рисунок 3.3 - Зростання сукупної встановленої наземної потужності вітроенергетики до 2050 року, ГВт

Це означає, що до 2030 року загальна встановлена наземна потужність вітроенергетики зросте більш ніж утричі до 1787 ГВт і майже в 10 разів до 2050 року, наблизившись до 5044 ГВт порівняно з 542 ГВт у 2018 році.

Технології офшорної (морської) вітроенергетики дозволяють країнам експлуатувати загалом більш високі, а іноді й стабільніші вітрові ресурси, реалізуючи гігаватні проекти поблизу густонаселених прибережних районів, поширених у багатьох частинах світу. Це робить офшорну вітроенергетику важливим доповненням до портфелю низьковуглецевих технологій, доступних для декарбонізації енергетичного сектору багатьох країн. Офшорна вітроенергетика є однією з нових технологій використання відновлюваних джерел енергії, яка досягла зрілості в останні два-три роки, оскільки швидке вдосконалення технологій, ефективність ланцюгів поставок та матеріально-технічна взаємодія на тісно пов'язаних ринках у Європі зумовили швидке зниження витрат та початок суттєвого впровадження на нових ринках.

3.3.1. Вплив відновлювальної енергетики на електричні мережі на прикладі Італії та Німеччини

Розглянемо вплив ВДЕ на енергетичну інфраструктуру на прикладі Італії. З початку 2000-х років Італія почала впроваджувати сонячні та вітрові енергетичні проєкти. Потужність ВДЕ зростає з приблизно 1 ГВт до майже 5 ГВт за період з 2004 по 2009 рік. Основні установки зосередилися в південних регіонах, тоді як основні центри споживання енергії залишаються в містах центральної та північної Італії. Це спричинило зміни в напрямках потоків енергії (рис. 3.4), що призвело до перенасичення мережі та обмежень на відпуск електроенергії (рис. 3.5). У 2018 році загальна потужність сонячних і вітрових установок в Італії перевищила 20 ГВт і 10 ГВт відповідно.

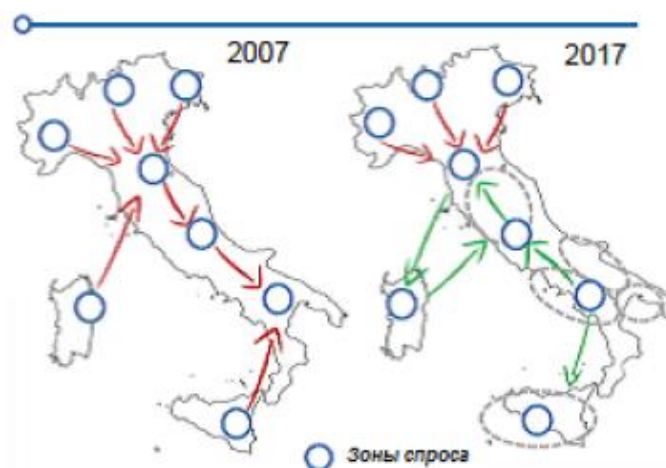


Рисунок 3.4 – Схеми потоків енергії в Італії

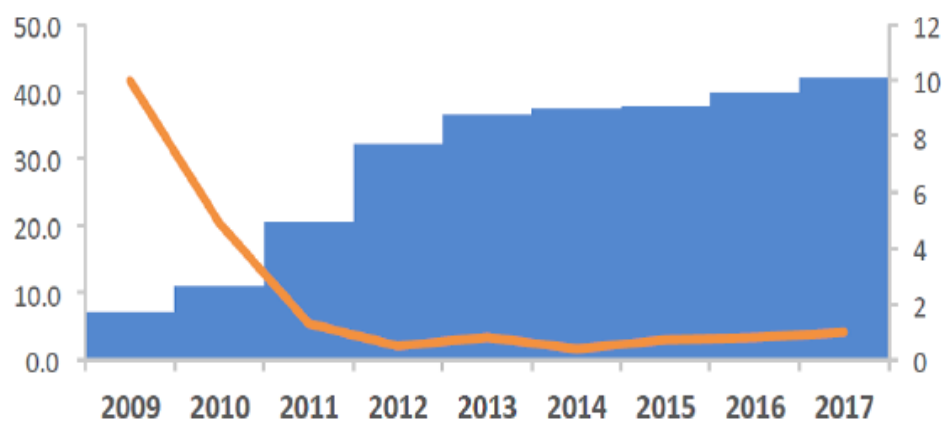


Рисунок 3.5 - Скорочення рівня недовідпуски електроенергії у регіоні Апулія: синій колір – вітро- та сонячна генерація; жовтий – недовідпуски електроенергії

Відтоді в Італії було впроваджено низку заходів, які сприяли зниженню обмежень на відпуск електроенергії, включаючи збільшення динамічної

пропускної здатності ліній (DLR). Застосування DLR, як порівняно недорогого рішення з коротким терміном впровадження, істотно допомогло знизити рівень недовідпускання електроенергії до 1-2% за короткий проміжок часу. Цей показник зберігається завдяки подальшому розвитку магістральних ліній електропередач та постійному вдосконаленню інтелектуальних мереж у регіоні Апулія.

Окрім підтримки зростаючої кількості розподілених сонячних PV установок, що потребують активного управління мережею, проєкт «розумної мережі» має включати поетапне виведення з експлуатації великих вугільних електростанцій, які наразі використовуються для стабілізації напруги в регіональній енергосистемі. У цьому процесі використання синхронних компенсаторів допомогло зменшити кількість станцій, необхідних для забезпечення надійності енергосистеми на Сардинії, що дозволило зекономити мільйони євро.

Німецький досвід показує, що посилення зв'язків між енергосистемами різних секторів зменшує потребу в резервах. Раніше чотири німецькі системні оператори магістральних мереж (TSO) купували резерви окремо, що іноді призводило до одночасного залучення резервів у протилежних напрямках (позитивний/негативний). Співпраця в рамках мережевого кодексу вирішила цю проблему, створивши спільний ринок контрольного резерву, де учасники можуть пропонувати свої послуги в усіх зонах TSO. Завдяки цьому, а також запровадженню коротших ринкових інтервалів (до 15 хвилин), потреба в резервах і ціни на них знизилися в період з 2008 по 2014 рік, тоді як потужності ВДЕ зросли майже на 50 ГВт.

Крім того, зміни до мережевого кодексу Німеччини дозволили інтегрувати більше відновлюваних джерел енергії без втрати надійності енергосистеми. Через значну частку фотоелектричних проєктів у розподіленій мережі (які становлять 70% від усіх установок) у німецькому мережевому кодексі передбачені окремі вимоги до показників реактивної потужності

у мережах низької напруги, а також частотних коливаннях, що можуть спричинити лавиноподібний ефект через одночасне відключення всіх сонячних систем (ключова проблема – частота 50,2 Гц). У зв'язку з цим було впроваджено стимули для оновлення застарілих установок.

Частка відновлюваних джерел енергії в енергосистемі Німеччини продовжує зростати: нещодавно протягом цілого тижня 65% попиту забезпечувалися за рахунок ВДЕ, після рекордного показника 2018 року, коли 40% енергоспоживання було покрито ВДЕ. Крім того, 3 березня 2021 року відновлювані джерела енергії забезпечили 90% від загального споживання електроенергії — це був особливо вітряний день. Однак таке інтенсивне зростання створює значний тиск на енергосистему.

Німецька енергосистема балансувалася за рахунок традиційних енергоблоків та експорту в сусідні країни. Однак через вузькі місця в мережі виникають випадки повторної диспетчеризації, спричинені енергетичними та дисбалансами напруги. Кількість таких випадків зростає щороку, особливо під час перенасичення на лініях північ-південь. У цей час електростанції на півдні та заході змушені збільшувати виробництво, щоб задовольнити регіональний попит, який спочатку планувалося покрити за рахунок вітрової енергії з півночі. Через затримки у розширенні мережі, тимчасове відключення деяких мережевих активів, збільшення експорту до Австрії на півдні та дострокове закриття атомної електростанції, у 2015 році випадки повторної диспетчеризації стали звичайним явищем. У тому ж році було затверджено будівництво нових ЛЕП на 1800 км, з яких 1100 км вдалося реалізувати. Збільшення протяжності нових ліній з 150 до 1100 км позитивно вплинуло на стабільність енергосистеми Німеччини.

Федеральний закон про розширення мережі передбачає будівництво 7700 км ліній для модернізації та посилення мережевої інфраструктури.

Попри те, що посилення мережі загалом є ефективним для інтеграції відновлюваних джерел енергії, розширення інтегрованого європейського ринку та зростання транскордонної торгівлі можуть збільшити витрати на

повторну диспетчеризацію в Німеччині. Це може статися через те, що європейські ринки на добу вперед розглядають Німеччину як один вузол, не беручи до уваги внутрішні обмеження мережі. Стратегія Німеччини також передбачає інтеграцію секторів шляхом використання електромобілів, електрифікацію теплопостачання та використання електроенергії для виробництва водню.

3.3.2. Вплив відновлюваних джерел енергії на режими роботи енергосистеми

На сьогодні основну частину розподілених джерел енергії (РДЕ) складають відновлювані джерела електроенергії. Нещодавно інтеграція РДЕ в енергосистеми стала ключовим напрямком розвитку електроенергетики як в Україні, так і у світі. Це зумовлено зменшенням негативного впливу на довкілля, підвищенням якості електроенергії та зниженням її втрат [26].

Інтеграція великих вітрових (ВЕС) та сонячних електростанцій (СЕС) в енергетичні системи ускладнює управління режимами роботи об'єднаних енергосистем. Зокрема, приєднання потужних відновлюваних джерел енергії загострює проблему забезпечення стабільності режимів енергосистем. У цьому розділі ВДЕ включають великі ВЕС та СЕС. Виникають питання щодо стійкості як самих ВДЕ, так і їхнього впливу на стабільність існуючих електростанцій. Традиційні методи аналізу стійкості паралельної роботи синхронних генераторів електростанцій вже досить добре вивчені. Однак, з огляду на певні особливості генерації електроенергії на ВДЕ, наявна методологічна база для дослідження стійкості традиційних енергосистем потребує удосконалення та адаптації для роботи з потужними ВДЕ. Необхідність такого розвитку методів і підходів зумовлена тим, що сьогодні існує широкий спектр технологій генерації електроенергії на ВДЕ, зокрема з використанням сучасних силових електронних пристроїв.

Завдання оцінки впливу ВДЕ на стабільність енергосистем є досить новим. Для його вирішення першочергово потрібно розробити методологію

дослідження та скласти детальний план розрахунків стійкості. Методологія має охоплювати огляд наявних підходів, аналіз наукових і практичних досягнень, нормативні документи, дослідження математичних методів розрахунку стійкості, а також вимоги до динамічних моделей тощо. У свою чергу, план розрахунків повинен містити визначення базового сценарію, перелік збурень, формат представлення результатів моделювання та принципи їх порівняння. Разом методологія і план розрахунків формують основу для створення методики оцінки стійкості ВДЕ та енергосистем із високою часткою ВДЕ. Ця методика має охоплювати конкретні ВЕС, СЕС, енергосистеми, електростанції, підстанції, перспективні схеми та збурення, що аналізуються.

Однією з особливостей відновлюваних джерел енергії, які є найпоширенішими серед РДЕ, є їхня нестабільність, обумовлена залежністю від погодних умов. Наприклад, вітрові та сонячні електростанції не завжди здатні надійно підтримувати електропостачання. На рис. 3.6 зображено типовий добовий графік навантаження, а також характерні графіки генерації СЕС, ВЕС та МГЕС. Із графіків видно, що для стабільного забезпечення споживачів електроенергією відновлюваних джерел недостатньо — необхідний також резерв від традиційних електростанцій. На рисунку (рис. 3.6) представлений сукупний добовий графік роботи ВДЕ.

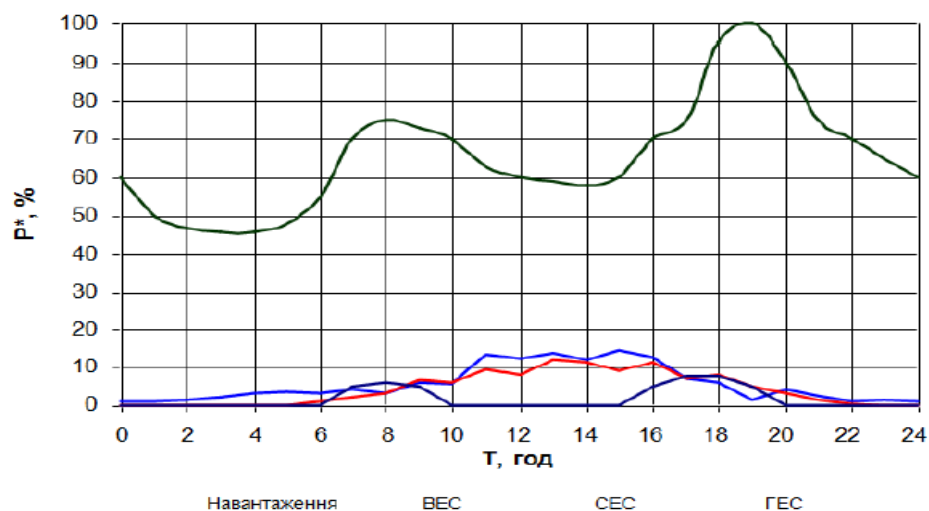


Рисунок 3.6 – Графік роботи ВДЕ в розподільній електричній мережі

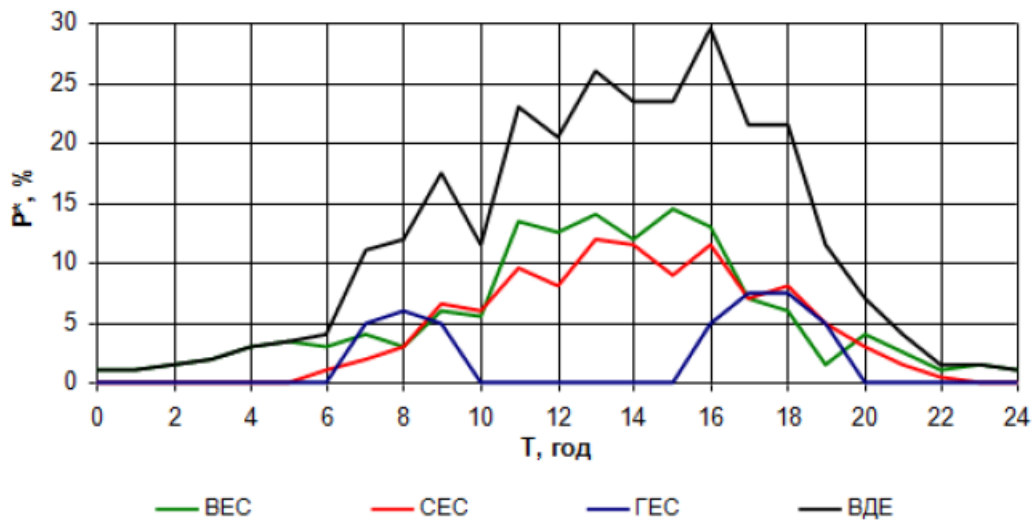


Рисунок 3.7 – Сумарний добовий графік роботи ВДЕ

Включення джерел генерації в розподільні електричні мережі (РЕМ) може суттєво вплинути на розподіл потужності та рівень напруги у споживачів і на електрообладнання. Цей вплив може бути як позитивним, так і негативним, залежно від параметрів управління розподільною системою та характеристик РДЕ. Позитивний вплив часто називають "перевагою підтримки системи" і включає в себе:

- підтримку напруги та поліпшення якості електроенергії;
- зниження втрат;
- передачу та розподіл відпущеної потужності;
- відстрочку побудови нових або модернізованих інфраструктур для передачі і розподілу відпущеної потужності;
- покращення надійності системи.

Виконаємо аналіз впливу РДЕ на якість електричної енергії та втрати активної потужності.

Відхилення напруги.

Розподілені джерела енергії (РДЕ) можуть викликати як підвищення, так і зниження напруги у деяких споживачів електроенергії. Наприклад, невелике за встановленою потужністю джерело розосередженої генерації, підключене до загального трансформатора разом із кількома іншими споживачами, здатне підвищити напругу на вторинній стороні трансформатора, що призведе до

збільшення напруги у цих споживачів (рис. 3.8). Це може трапитися, якщо розподільний трансформатор, що живить цих споживачів, розташований у точці фідера, де первинна напруга знаходиться на межі або перевищує верхню межу норми. Така ситуація зумовлена зустрічними потоками потужності, спрямованими проти основного потоку.

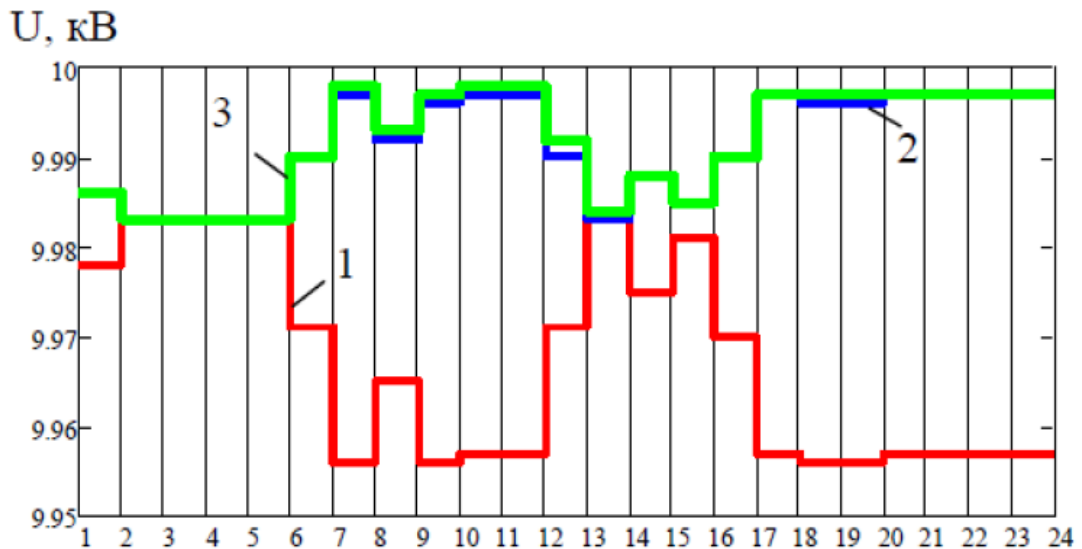


Рисунок 3.8 - Зміни рівнів напруги у вузлі навантаження:

1— відхилення напруги у вузлі навантаження без РДЕ; 2 – відхилення напруги у вузлі з РДЕ для максимального навантаження; 3 – відхилення напруги у вузлі з РДЕ для мінімального навантаження

Рівні вищих гармонік напруги.

Розглянуті приклади показують, що випадки підвищеної та зниженої напруги виникають через відсутність аналізу впливу РДЕ на потоки потужності в мережі. Тому необхідно проводити оцінку впливу джерел розподіленої генерації при кожному їх підключенні до мережі, щоб уникнути погіршення якості напруги.

У більшості випадків окреме джерело розподіленої генерації потужністю менше 10 кВт має незначний вплив на відхилення напруги фідера. Проте, якщо сумарна потужність кількох таких джерел значна або ж потужність одного джерела є досить великою, дослідження щодо регулювання

напруги стає необхідним, щоб забезпечити підтримку напруги фідера в межах норми.

Більшість джерел розподіленої генерації спричиняють появу вищих гармонік у розподільній електромережі. Це відбувається через їх конструктивні особливості або використання систем керування на основі тиристорних перетворювачів. Склад гармонік та рівень спотворень залежать від технології силового перетворювача та схеми підключення. Сучасні розробки у цій галузі мінімізують внесок вищих гармонік у мережу. Новітні перетворювачі можуть створювати майже ідеальну синусоїдальну хвилю, що зазвичай відповідає вимогам стандарту IEEE 519-1992.

У більшості випадків через недосконалу синусоїдальну форму напруги та струму в існуючій мережі навіть невелике додавання вищих гармонік може спричинити негативні наслідки. Як видно з рис. 3.9, гармонійний склад напруги загалом відповідає стандарту, проте відомі випадки перевищення його вимог, виникнення резонансів із конденсаторними батареями тощо.

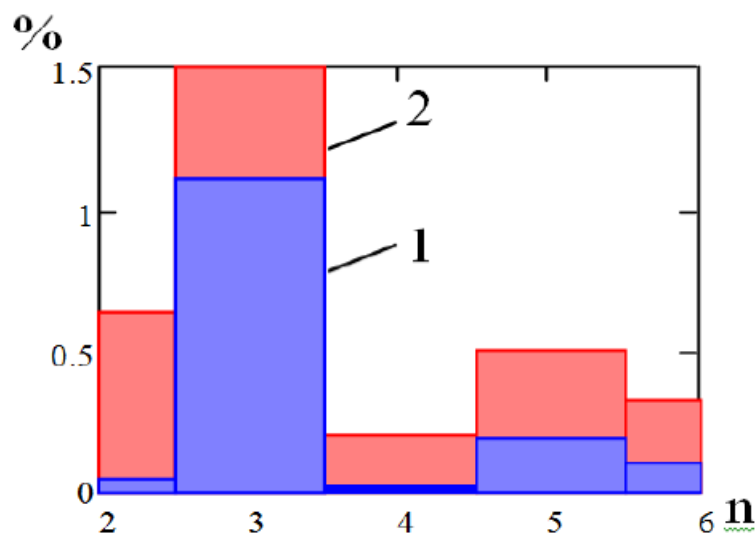


Рисунок 3.9 - Зміна рівня гармонік напруги в мережі:

1 – до впровадження сонячної електростанції; 2 – після впровадження сонячної електростанції

Втрати активної потужності.

Розподілена генерація також впливатиме на втрати активної потужності у фідері. РДЕ можуть бути встановлені в таких точках, де вони максимально скорочують втрати електроенергії у фідері. Розміщення джерел РДЕ для зменшення втрат подібне до встановлення статичних конденсаторів, але з тією відмінністю, що РДЕ впливають як на активні, так і на реактивні потоки потужності. Зазвичай джерела розподіленої генерації працюють з коефіцієнтом потужності в діапазоні від 0,85 до 1,0.

Практика впровадження РДЕ показує, що навіть потужність у межах 10-20% від загального попиту фідера може суттєво знижувати втрати в мережі. Хоча більшість джерел встановлюють без врахування оптимальних точок підключення, подальший розвиток РДЕ неможливий без урахування цих факторів.

Вказані обставини вимагають погодження енергоустановок відновлюваної енергетики зі споживачами. У процесі такого погодження необхідно вирішити наступні завдання:

1. Забезпечення максимальної ефективності використання відновлюваного енергоресурсу. Досвід показує, що навіть потужність РДЕ, яка становить 10-20% від загального попиту фідера, здатна значно зменшити втрати в мережі. Проте більшість таких джерел розміщуються без вибору оптимальних точок підключення, і для подальшого розвитку РДЕ врахування цих факторів є необхідним.

2. Балансування виробленої та споживаної електроенергії, що часто потребує інтеграції накопичувачів енергії в енергосистему.

3. Контроль режимів роботи енергетичних перетворювачів та регулювання параметрів генерованої електроенергії.

Для розв'язання зазначених завдань застосовуються різні схеми енергоустановок [27]:

1. Система з скиданням надлишкової енергії (рис. 3.10). Цей метод узгодження потужності між відновлюваними джерелами енергії та споживачами є дуже простим і полягає у використанні частини потенціалу

первинного енергоносія, необхідної для забезпечення поточного навантаження споживача. Енергія від відновлюваного джерела не використовується. Такі системи енергозабезпечення широко використовуються в конструкціях гідроелектростанцій, вітроелектростанцій з регульованим кроком вітротурбін, а також у системах сонячного обігріву з керованими заслінками тощо.

2. Системи з накопичувачами енергії. Надлишки енергії первинного енергоносія, що перевищують поточне корисне навантаження, можуть бути акумульовані та використовуватися для живлення навантаження в періоди, коли спостерігається нестача енергії від відновлюваних джерел. Для накопичення енергії можуть використовуватися різні пристрої, такі як гідроакумулюючі системи, маховики, акумуляторні батареї та інші. Ці системи більш ефективно використовують первинний енергоресурс і знаходять широке застосування в усіх типах енергоустановок відновлюваної енергетики.

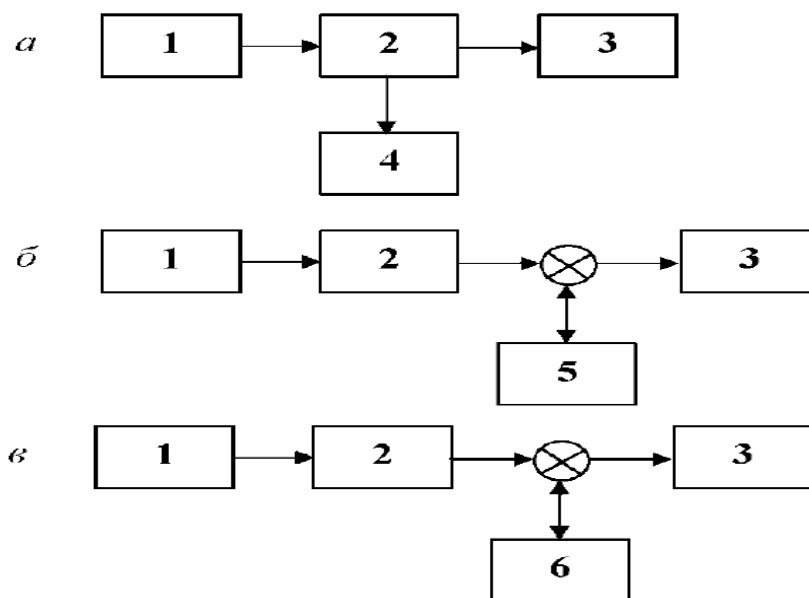


Рисунок 3.10 - Схеми узгодження відновлюваних джерел енергії зі споживачами:

а – система зі скиданням енергії; б – система з накопичувачем енергії; в – система з регульованим навантаженням: 1 – ВДЕ; 2 – перетворювач енергії;

3 – споживач; 4 - скидання в навколишнє середовище; 5 – накопичувач, 6 – регулятор

Ці системи сприяють оптимальному використанню первинних енергетичних ресурсів шляхом управління поточною потужністю навантаження. Регулювання навантажень, як правило, здійснюється автоматизовано за допомогою напівпровідникових систем автобаласту. У ролі баластних навантажень низького пріоритету використовуються пристрої для нагрівання.

Збільшення сумарної потужності установок відновлюваної енергетики по відношенню до потужності енергосистеми призводить до необхідності вирішення деяких проблем, характерних для енергобалансів автономних систем.

Варто зазначити, що, окрім забезпечення максимального використання первинних енергоресурсів, такі системи дозволяють ефективно управляти режимами первинного енергетичного перетворювача і, в деяких випадках, вихідними параметрами напруги.

Мережеві електростанції, що використовують відновлювальні джерела енергії, не потребують систем зберігання та резервування електричної енергії. Потужна електрична система здатна повністю споживати всю енергію, яку генерує електростанція. Додатково, енергосистема може ефективно впливати на режим роботи станцій, які функціонують синхронно з мережею. Ці характеристики значно спрощують і знижують вартість конструкцій мережевих установок.

Такі проблеми успішно вирішуються в деяких країнах – лідерах в практичному використанні відновлюваної енергетики, наприклад у Німеччині, як вже відмічалось у роботі.

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3:

1. У податкових системах зарубіжних країн — лідерів за обсягами виробництва та встановленої потужності відновлюваної енергетики діють численні спеціальні податкові преференції у комплексі з іншими фіскальними заходами підтримки, спрямованими на стимулювання генерації поновлюваних джерел енергії.

2. Можна сказати, що сучасний розвиток енергетики чітко йде по двом розробленим сценаріям:

а) Запланований енергетичний сценарій є основним еталонним сценарієм для цього дослідження; він дає уявлення про розвиток енергетичних систем на основі енергетичних планів урядів та інших запланованих цільових показників та інструментів політики, які діють на момент аналізу, з акцентом на країни двадцятки.

б) Сценарій «1,5°C» описує стратегію енергетичного переходу, узгоджену з кліматичною метою в 1,5°C, яка полягає в обмеженні зростання глобальної середньої температури до кінця поточного століття на 1,5° C щодо до індустріальних рівнів. У цій стратегії першорядна увага приділяється вже доступним технологічним рішенням, які можуть бути масштабовані для досягнення мети 1,5 °C.

3. Мережеві електростанції, що експлуатують відновлювальні джерела енергії, не потребують систем для акумулювання або резервування електроенергії. Сильна електрична система має можливість повністю споживати всю енергію, яку генерує така електростанція. Крім того, енергосистема може ефективно регулювати режими роботи станцій, що функціонують синхронно з мережею. Ці характеристики значно спрощують та знижують витрати на конструкцію мережевих установок відновлювальної енергетики в порівнянні з автономними електростанціями..

4. За даними Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України, очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1м² перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800-1000 кВт·г/м² за

рік. В умовах України за допомогою вітроустановок можливим є використання 15-19% річного об'єму енергії вітру, що проходить крізь перетин поверхні вітроколеса.

5. Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо значним для активного впровадження як теплових, так і фотоелектричних систем у майже всіх регіонах. У південних областях термін ефективної експлуатації геліоенергетичного обладнання складає 7 місяців (з квітня по жовтень), тоді як у північних областях – 5 місяців. Фотоелектричні системи можуть бути ефективно використані протягом майже всього року.

6. Міні- та мікроГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення практично для всіх регіонів України, однак в Україні повністю не використовуються техногенні і стичні води.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ:

1. До теперішнього часу не було розроблено єдиних механізмів по виробленню глобальної енергетичної стратегії, покликаної вирішити проблему подальшого сталого розвитку світової економіки. Відмінності в інтересах країн світу, а також наслідки «відкладених проблем» в області енергетики формують значні обмеження, в рамках яких суспільству належить подальший розвиток

2. Визначено, що викопне паливо та атомна енергія залишаться основою світової енергетики (81,6%) та ВДЕ, а тим більше НВДЕ не стануть для них конкурентами. Проте значимість нетрадиційних ВДЕ зростатиме і до 2050 р. Їхня частка в світовому енергобалансі може піднятися до однієї чверті. Їхньою головною перевагою залишиться невичерпність, екологічність, широка поширеність та здатність постачати електроенергію та тепло споживачам, не приєднаних до централізованих систем

3. Для виробництва та використання альтернативних джерел енергії у промислових масштабах, у тому числі виробки та подачі «екологічно чистого» струму в мережу, необхідне державне субсидування та підтримка. Сподіватися на швидке усвідомлення бізнесом необхідності збереження природи та проблеми вичерпності енергоресурсів – було б наївно. Тому вирішальною у розвитку альтернативних джерел енергії має бути державна енергетична політика, яка стимулюватиме її не лише фінансовою допомогою, але й імперативними нормами

4. Відновлювана енергетика має дуже високий потенціал у Європейському союзі. І справа не тільки в тому, що ЄС активно розвиває цю галузь та створює механізми для стимулювання впровадження ВДЕ. Завдяки розумінню наростаючих екологічних та кліматичних проблем, європейське суспільство готове до переходу з традиційних енергоресурсів до "зеленої" енергії, що підтверджує аналіз сучасного стану енергетики у Великій Британії, Німеччині, Швеції, Італії.

5. Витрати та вартість виробництва електрики з відновлюваних джерел (насамперед сонячної енергії) скорочуватимуться і далі, а складність та вартість видобутку викопного палива, навпаки, зростати. Таким чином, у найближчому майбутньому електрика, вироблена за допомогою ВДЕ, стане стабільно дешевшою за продукцію вуглеводневої генерації

6. Однак на шляху швидшого розвитку ВДЕ виникають певні бар'єри. Доступність все ще великих запасів викопного палива знижує прагнення якнайшвидше здійснити перехід на ВДЕ. Подібна ситуація спостерігається не лише на території ЄС, а й у всьому світі.

7. Розвиток технологій поновлюваної енергетики гальмується необхідністю вкладення колосальних інвестицій, які мають авансовий характер та почнуть окупатися лише після завершення будівництва об'єкту ВДЕ.

8. Існує і низка проблем технічного характеру, які поки що не вдалося вирішити: функціонування вітряних установок у період сильних морозів (зараз їх доводиться відключати), шумове забруднення, джерело інфразвуку тощо.

9. Однак, як свідчить світовий досвід, без послідовної державної політики щодо розвитку та впровадження низьковуглецевих енергетичних технологій, щодо просування енергозберігаючих технологій та технологій використання ВДЕ досягти значного прогресу навряд чи можливо..

10. Можна сказати, що сучасний розвиток енергетики чітко йде по двом розробленим сценаріям:

а). Запланований енергетичний сценарій є основним еталонним сценарієм для цього дослідження; він дає уявлення про розвиток енергетичних систем на основі енергетичних планів урядів та інших запланованих цільових показників та інструментів політики, які діють на момент аналізу, з акцентом на країни двадцятки.

б). Сценарій «1,5°C» описує стратегію енергетичного переходу, узгоджену з кліматичною метою в 1,5°C, яка полягає в обмеженні зростання глобальної середньої температури до кінця поточного століття на 1,5° C щодо

до індустріальних рівнів. У цій стратегії першорядна увага приділяється вже доступним технологічним рішенням, які можуть бути масштабовані для досягнення мети 1,5 °C.

11. Мережеві електростанції, які використовують відновлювальні джерела енергії, не вимагають наявності систем для акумулювання чи резервування електричної енергії. Міцна електрична система має можливість повністю споживати всю енергію, що генерується електростанцією. Додатково, енергосистема може ефективно регулювати режим роботи станцій, які функціонують у синхронному режимі з мережею. Ці характеристики значно спрощують і знижують витрати на конструкцію мережевих установок відновлювальної енергетики у порівнянні з автономними електростанціями.

12. За даними Інституту відновлюваної енергетики Національної академії наук України, очікувані обсяги виробництва електроенергії з 1 м² перетину площі вітроколеса в перспективних регіонах складають 800-1000 кВт·г/м² за рік. В умовах України за допомогою вітроустановок можливим є використання 15-19% річного об'єму енергії вітру, що проходить крізь перетин поверхні вітроколеса.

13. Потенціал сонячної енергії в Україні є досить значним для активного впровадження як теплових, так і фотоелектричних установок у більшості регіонів. Тривалість ефективної експлуатації геліоенергетичного обладнання в південних областях становить 7 місяців (з квітня по жовтень), тоді як у північних – 5 місяців. Фотоелектричні системи можуть бути ефективно використані майже протягом всього року.

14. Міні- та мікроГЕС можуть стати потужною основою енергозабезпечення практично для всіх регіонів України, однак в Україні повністю не використовуються техногенні і стичні води.

15. Сьогодні в Україні практично не проводяться дослідження та розробки, спрямовані на використання незатребуваної або надлишкової (весною та влітку) теплової енергії, отриманої від теплових насосів і сонячних колекторів. Це означає, що така тепла енергія потрапляє до категорії втрат.

Тому перспективним напрямком є перетворення цієї теплової енергії на електричну з використанням електричних нагрівачів для підтримки характеристик системи тепlopостачання та компенсації втрат.

16. Енергетичний потенціал аграрного сектора складається з двох основних компонентів – потенціалу, що походить від тваринництва та рослинництва. В Україні наявний достатній енергетичний потенціал практично всіх видів біомаси, а також необхідна науково-технічна та промислова інфраструктура для розвитку цієї галузі енергетики. Параметри енергетичного потенціалу біомаси відрізняються від показників інших відновлюваних джерел енергії і значною мірою залежать від рівня господарської активності.

17. У випадку добової та сезонної нерівномірності виробництва електроенергії з нетрадиційних і відновлюваних джерел значну економію традиційних енергоносіїв можна досягти шляхом акумулювання енергії, яка генерується під час періодів її мінімального споживання.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Закон України «Про альтернативні види палива» (Відомості Верховної Ради, 2000, №12, ст.94.
2. Про затвердження Національного плану дій з відновлюваної енергетики на період до 2030 року та плану заходів з його виконання. [Електронний ресурс] <https://zakon.rada.gov.ua>
3. Національний план дій з відновлюваної енергетики, 2024 [Електронний ресурс] <https://eba.com.ua/uryad-ukrayin>
4. World Energy, 2018 URL: <http://www.bp.com/content/dam/bpiew-of-world-energy-2015-full-report.pdf/Energy-econ>
5. Global Trends in Renewable Energy Investment 2019, URL: <http://www.fs-unep-centre.org>
6. A policy framework for climate and energy in the period from 2020 to 2030 [Electronic resource] / European Commission 2020. Mode of access: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/ALL/?uri=CELEX:52014DC0015>.
7. Directive 2019/28/EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2019 on the promotion of the use of energy from renewable sources [Electronic resource] / Official Journal of the European Union –2019. – Mode of access: <http://eur-lex.europa.eu/legal-content>
8. Jacobson S., Bergek A. Transforming the energy sector: the evolution of technological systems in renewable energy technology // Industrial and Corporate Change. 2020. Vol. 13, №5. pp. 815-849
9. Key Outcomes Clean Energy Ministerial 6 (CEM6) 27–28 May 2019, Mérida, Yucatán, Mexico [Electronic resource]. Clean Energy Ministerial 6 (CEM6). 2019. Mode of access: <http://www.cleanenergyministerial.org/Events/CEM6>.
10. Palz W. Role of new and renewable energies in future energy systems // International Journal of Solar Energy. 2020 Vol. 14 (3). pp. 127-140
11. Renewable Energy Can Provide 80 Percent of U.S. Electricity by 2050 [Electronic resource]. Union of Concerned Scientists. Cambridge MA 02138-3780.

– 2019. - Mode of access: http://www.ucsusa.org/clean_energy/smartenergy-solutions/increase-renewables/renewable-energy-80-percent-us-electricity

12. Renewable Energy Prospects: China REmap 2030 analysis November 2021[Electronic resource]/ The International Renewable Energy Agency (IRENA). 2021. Mode of access: [http://irena.org/remap/IRENA REmap China report 2021](http://irena.org/remap/IRENA_REmap_China_report_2021)

13. Schmalensee R. Evaluating Policies to Increase Electricity Generation from Renewable Energy // Review of Environmental Economics and Policy. 2018. Vol.6, №1. pp. 45–64

14. Schwab K. The fourth industrial revolution. World Economic Forum, Geneva. 2017.

15. The president's climate action plan, Executive Office of the President, June 2018 [Electronic resource]. The White House, Washington. 2018. Mode of access: <https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/image/>

16. World Energy Leaders Unite To Accelerate Clean Energy Revolution, 2019 [Electronic resource]/ European Commission// Energy news. – 2019. - Mode of access: <https://ec.europa.eu/energy/en/news/world-energyleaders-unite-accelerate-clean-energy-revolution/>.

17. Cleaner, Smarter, Cheaper: Responding to opportunities in Europe's changing energy system //URL:<http://www.energyunionchoices.eu/cleanersmartercheaper/>

18. New Energy Outlook 2017. Ѐ Bloomberg New Energy Finance, 2017. URL:<https://about.bnef.com/new/energy/outlook/#toc/download>

19. KPMG International. 2019. Taxes and Incentives for Renewable Energy. URL:<https://assets.kpmg.com/content/dam/kpmg/pdf/2019/09/taxes-and-incentives-2019>

20. American Wind Energy Association (AWEA). 2017. U.S. Wind Industry Fourth Quarter Market Report. URL: <http://www.awea.org/4q2016>

21. Clemmer S Federal Renewable Energy Tax Credits: Creating American Jobs and Investment in State and Local Economies. March 29, 2017. URL:

<http://docs.house.gov/meetings/IF/IF03/20170329/105798/HHRG-115-IF0 Wstate-ClemmerS-20170329>

22. Renewables Global Status Report, за 2014–2017 гг. URL: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report>

23. Authoring, based on: Renewable Energy Policy Network for the 21st Century. In: Renewables Global Status Report, 2014–2017. URL: <http://www.ren21.net/status-of-renewables/global-status-report>

24. Jerome L. Garciano. Green Tax Incentive Compendium. Federal and State Tax Incentives for Renewable Energy and Energy Efficiency. Robinson+Cole. July 1, 2020. URL: <http://www.rc.com/upload/RC-Garciano-Green-Tax-Incentive-Compendium-July-2020>

25. Прогноз перетворення світової енергетичної системи, 2023 р. Стратегія по обмеженню глобального потепління 1,5 °C URL// <https://www.irena.org>

26. Основні параметри енергозабезпечення національної економіки на період до 2025 року / Б. С. Стогній, О. В. Кириленко, А. В. Праховник . – К.: Вид. Ін-ту електродинаміки НАН України, 2016. – 275 с.

27. Кириленко О. В. Технічні аспекти впровадження джерел розподіленої генерації в електричних мережах/ О. В. Кириленко, В. В. Павловський, Л. М. Лук'яненко //Технічна електродинаміка. 2017. – №1. – С. 46 – 53.

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

ВДЕ – відновлювані джерела енергії

ІЕА – Міжнародна енергетична агенція

ПЕР – первинні енергоресурси

WNA – Всесвітня Ядерна Асоціація

ОЕСР – Організація економічного співробітництва та розви

ЛЕП – лінія електропередачі

ВЕ – відновлювальна енергія (енергетика)

АЕС – атомна електростанція

ТЕС – теплова електростанція

ГЕС – гідроелектростанція

ВЕУ – вітрова енергетична установка

Гео-ТЕС – геотермальна теплова електростанція

ВВП – валовий внутрішній продукт

ПКС – паритет купівельної спроможності

ЄС – Європейський Союз

IFPRI – Міжнародний дослідницький інститут продовольчої політики

НВДЕ – нетрадиційні відновлювані джерела енергії

ФУ – фотогальванічні установки

МЕА – міжнародне енергетичне агенція

ПЕБ – паливно-енергетичний баланс

EURELECTIC – Європейська Асоціація енергетики

CPS – сценарій поточних планів

OS – сценарій можливостей

CPTP – середньорічний темп росту

DLR – динамічна пропускна здатність ліній електропередачі

ЗМІСТ

УМОВНІ СКОРОЧЕННЯ

ВСТУП

РОЗДІЛ 1. СТРУКТУРНІ ОСОБЛИВОСТІ РОЗВИТКУ СВІТОВОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ЯКА ЗАСНОВАНА НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛАХ ЕНЕРГІЇ

1.1. Основні проблеми сучасного етапу розвитку світової енергетики

1.2. Відновлювані джерела енергії у першій половині ХХІ століття

1.3. Особливості структури розвитку світової енергетики

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1

РОЗДІЛ 2. ОСНОВНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ У КРАЇНАХ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

2.1. Розвиток відновлюваних джерел на прикладі Великої Британії, Німеччини, Швеції

2.2. Стратегія Європейського Союзу щодо використання відновлюваних джерел енергії

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2

РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ РОЗВИТКУ ВІДНОВЛЮВАНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ НА РИНОК ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ТА ІНФРАСТРУКТУРУ МЕРЕЖІ

3.1. Фіскальне стимулювання розвитку відновлюваної енергетики

3.2. Прогноз перетворення енергетичної системи світу

3.3. Вплив відновлювальної енергетики на інфраструктуру електричної мережі

3.3.1. Вплив відновлювальної енергетики на електричні мережі на прикладі Італії та Німеччини

3.3.2. Вплив відновлюваних джерел енергії на режими роботи енергосистеми

ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ