

## ОСОБЛИВОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ ГЕНЕРАЦІЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ АЛЬТЕРНАТИВНИМИ ДЖЕРЕЛАМИ ЕНЕРГІЇ

Чернюк А. М., Кирисов І. Г., Черевик Ю. О.

Українська інженерно-педагогічна академія (м. Харків)

*Проаналізовано технологічний процес виробництва електроенергії альтернативними джерелами енергії, переваги та недоліки кожного виду станцій на альтернативних джерелах енергії.*

**Постановка проблеми.** На сьогоднішній день велике значення приділяється енергетичній незалежності України. Саме тому нагальним питанням української енергетики є збільшення генерації електричної енергії за рахунок власних енергетичних ресурсів.

На сьогодні найбільш динамічно зростає сектор генерації електричної енергії на основі альтернативних джерел енергії (АДЕ) (сонячні електростанції, вітрові електростанції, біогазові, малі ГЕС та інші).

Встановлені потужності АДЕ в Україні мають тенденцію до щорічного зростання.

Середньорічний темп зростання встановленої потужності АДЕ становить 31 %. На сьогодні встановлена потужність об'єктів відновлюваної енергетики в Україні дорівнює 1117,7 МВт [7].

Сумарний потенціал встановлених потужностей в Україні оцінюється в 408,2 ГВт: вітрова енергетика – 321 ГВт (78 %), сонячна енергетика – 71 ГВт (17 %), малі ГЕС – 4 ГВт (1 %), біомаса – 15 ГВт (4 %).

На сучасному етапі АДЕ є новим класом генерувальних потужностей з певними особливостями роботи, вплив яких на єдину енергетичну систему України слід оцінити.

Актуальність аналізу зумовлена збільшенням частки генерації електричної енергії АДЕ в загальній структурі виробництва електроенергії в Україні. Зі збільшенням цього показника вплив на мережу АДЕ буде зростати.

Тому оцінка впливу АДЕ на показники якості електричної енергії мережі є актуальною науково-технічною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До чинників, які сприятимуть розвитку АДЕ у всьому світі та, зокрема, в Україні, відносимо подальше здешевлення технологій та вартості електростанцій на АДЕ.

До 2025 року експерти прогнозують суттєве здешевлення вартості встановлення електростанцій: витрати на встановлення сонячних електростанцій (СЕС) промислового масштабу знизяться за 10 років на 57 %, а витрати на встановлення вітрових електростанцій (ВЕС) – на 13 % [7].

Сумарна частка генерації АДЕ у структурі генерації електричної енергії зараз становить близько 1,7 % від сумарної генерації єдиною енергосистемою України (рис. 1).

Відповідно до енергетичної стратегії України до 2035 року [1] частка генерації електроенергії АДЕ в структурі загальної генерації у 2035 році становитиме 13 %, тому проблема пов'язана з інтеграцією цих

джерел до єдиної енергосистеми, є надзвичайно актуальною (рис. 2).

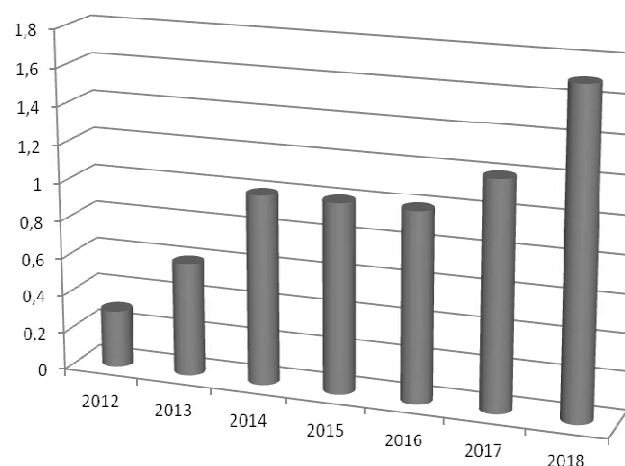


Рисунок 1 – Зростання частки виробництва електроенергії АДЕ за 2012-2018 рр.

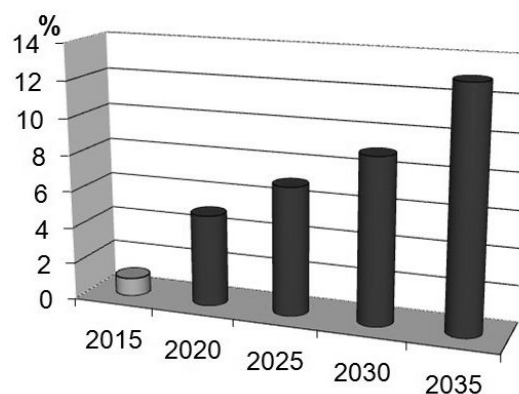


Рисунок 2 – Зростання частки виробництва електроенергії АДЕ (прогноз до 2035 р.)

Однак інтеграції АДЕ до єдиної енергосистеми перешкоджає ряд проблем:

1. Графік видачі електроенергії АДЕ нерівномірний і залежить від кліматичних та погодних умов.
2. Більша частина матеріально-технічної бази наявних потужностей з виробництва електроенергії в Україні є зношеною та неефективною.

За даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України [8] 42,2 % ЛЕП напругою 220-330 кВТ експлуатуються понад 40 років, а 64,4 % основного устаткування трансформаторних підстанцій відпрацювали свій розрахунковий технічний ресурс.

У розподільчих мережах значна кількість об'єктів також відпрацювала свій ресурс: 40,5% електричних мереж і 37,6 % трансформаторних підстанцій потребують реконструкції або заміни.

3. Якість електроенергії, яку виробляють АДЕ, не завжди відповідає нормативним вимогам. Ці вимоги на сьогодні зафіксовані в нормативних документах [2].

Стандарт встановлює такі показники якості електричної енергії:

- усталене відхилення напруги  $\delta U_y$ ;
- розмах зміни напруги  $\delta U_t$ ;
- доза флікера  $P_f$ ;
- коефіцієнт спотворення синусоїдальності кривої напруги  $K_U$ ;
- коефіцієнт  $n$ -ої гармонійної складової напруги  $K_{U(n)}$ ;
- коефіцієнт несиметрії напруг за зворотною послідовністю  $K_{2U}$ ;
- коефіцієнт несиметрії напруг за нульовою послідовністю  $K_{0U}$ ;
- відхилення частоти  $\Delta f$ ;
- тривалість провалу напруги  $\Delta t_n$ ;
- імпульсна напруга  $U_{imp}$ ;
- коефіцієнт тимчасової перенапруги  $K_{пер U}$ .

У стандарті [2] встановлюються норми за показниками якості електричної енергії, при дотриманні яких забезпечується електромагнітна сумісність електричних мереж систем електропостачання загального призначення і в тому числі АДЕ.

**Мета статті** - проаналізувати особливості генерації електроенергії АДЕ, їх технологічних схем з метою виявлення суттєвих чинників, які можуть впливати на показники якості електричної енергії.

**Основні матеріали дослідження.** Проаналізуємо технологічні схеми різних типів АДЕ.

Суттєвим недоліком в роботі ВЕУ є їх нестабільна частота обертання, яка залежить від зміни швидкості вітру.

Це питання наразі розв'язуються або за рахунок системи управління кутом атаки лопатей вітроколеса, або шляхом випрямлення та подальшого інвертування отриманої синусоїди.

Також є спосіб регулювати частоту обертання за рахунок використання автобаласних резисторів.

Пряме перетворення сонячної енергії в електроенергію за допомогою сонячних батарей є наразі одним з найбільш динамічних напрямів розвитку відновлюваної енергетики.

В цьому розвитку багато в чому сприяє отриманий позитивний досвід практичного застосування сонячних батарей і постійне вдосконалення технологій виготовлення сонячних елементів, пов'язаних з підвищенням їх ККД і зниженням собівартості.

Структурні схеми систем генерування і використання електроенергії при підключенні ВЕУ до мережі наведено на рис. 3. Структурна схема СЕС наведено на рис. 4.

Перевагами СЕС є безшумність, невичерпність джерела енергії, відсутність деталей, що обертаються, простота та швидкість встановлення, обслуговування, заміни, розширення (збільшення сонячних батарей),

простота догляду, строк експлуатації станції 20-30 років.



Рисунок 3 – Структурні схеми систем генерування і використання електроенергії при підключенні ВЕУ до мережі

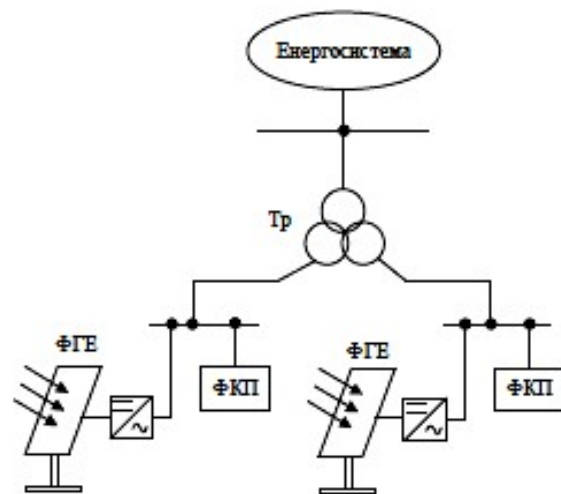


Рисунок 4 – Структурна схема СЕС

Недоліками СЕС є велика вартість сонячних батарей, відчуження великих земельних ділянок, які можуть використовуватися у сільському господарстві, присутність ланки випрямляч-інвертор призводить до спотворення форми синусоїди, робота СЕС без акумуляторних батарей безпосередньо на мережу може створювати небаланс виробленої та спожитої енергії та відхилення напруги.

Мала гідроенергетика, яка є найбільш освоєною з нетрадиційних відновлювальних джерел електроенергії, дозволяє використати значний гідроенергетичний потенціал малих рік і приток, систем водопостачання, іригації з видачею електроенергії в енергосистему, а в

багатьох випадках забезпечити локальне електропостачання віддалених районів або населених пунктів, особливо в недостатньо розвинених країнах і в країнах, що розвиваються, з обмеженою системою централізованого електропостачання.

До переваг малих ГЕС відносяться порівняно невеликий об'єм інвестицій і короткий термін будівництва, що дозволяє прискорити отримання прибутку, забезпечити мінімальну дію на довкілля, надійність і близькість до споживача.

Геотермальна енергія – енергія тепла, що виділяється із внутрішніх зон Землі (рис. 5).

Головними перевагами геотермальної енергії є її практична невичерпність і повна незалежність від умов навколишнього середовища, часу доби і року. Україна має значні ресурси геотермальної енергії, потенційні запаси якої оцінюються у  $10^{22}$  Дж.

Потенційна потужність ГеоТЕС в Україні з урахуванням видобутку запасів та ККД перетворення енергії становить 230 ГВт.

Пріоритетними районами де доцільно будувати ГеоТЕС є Прикарпаття, окремі райони Харківської, Полтавської та Донецької областей [5].

Основними недоліками ГеоТЕС є теплове, сольове, газове забруднення навколишнього середовища.

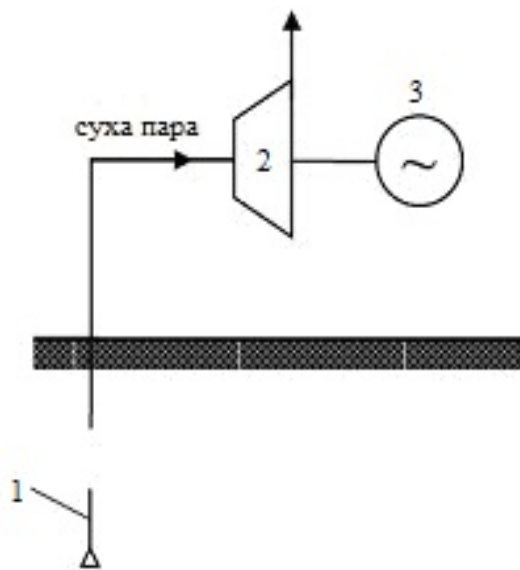


Рисунок 5 – Технологічна схема ГеоТЕС з прямим використанням пари:  
1 - експлуатаційна свердловина;  
2 - парова турбіна; 3 – генератор

**Висновки.** Частка генерації електроенергії АДЕ в структурі генерації України в перспективі буде зростати, а отже вплив АДЕ на роботу єдиної енергосистеми буде збільшуватися.

Значний вплив на сукупну генерацію електроенергії АДЕ обумовлює актуальну науково-технічну проблему інтеграції АДЕ до єдиної енергосистеми та суміщення графіків генерації і споживання.

Особливості процесу генерації електроенергії АДЕ, які проаналізовані в статті, безпосередньо обумовлюють їх вплив на баланс та показники якості електроенергії.

## Список використаних джерел

1. Енергетична стратегія України на період до 2035 року України "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність". [Електронний ресурс]. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show>
2. ГОСТ 13109–97. Электрическая энергия. Совместимость техническая электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. Межгосударственный стандарт.
3. Нойбергер Н., Циценков Д., Півняк Г., Шкрабець Ф. Основы вітроенергетики: підручн. Дніпропетровськ: НДУ, 2015. С. 275-290.
4. Бацала Я. В., Гладь І. В., Николин У. М. Аналіз показників якості електроенергії сонячної електростанції. *Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ*. 2013. № 4 (49). С. 81-90.
5. Обухов С. Г. Системы генерирования электрической энергии с использованием возобновляемых энергоресурсов: учеб. пособие. Томск : 2008. С. 130-132.
6. Зысин Л. В., Сергеев В. В. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Часть 1. Возобновляемые источники энергии: учеб. пособие. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2008. С. 160-169.
7. Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні. Звіт 2017. Сайт інституту відновлювальної енергетики. [Електронний ресурс]. URL: <http://www.ive.org.ua/>

## Аннотація

### ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ГЕНЕРАЦИИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ ЭНЕРГИИ

Чернюк А. М., Кирисов И. Г.,  
Черевик Ю. А.

*Проанализирован технологический процесс производства электроэнергии альтернативными источниками энергии, преимущества и недостатки каждого вида станций на альтернативных источниках энергии.*

## Abstract

### PARTICULARITIES OF TECHNOLOGICAL SCHEMES OF ELECTRIC ENERGY GENERATION BY ALTERNATIVE ENERGY SOURCES

A. Chernyuk, I. Kirisov,  
Y. Cherevyk

*The technological process of producing electricity by alternative energy sources, the advantages and disadvantages of each type of stations using alternative energy sources.*