

АНАЛІЗ ДОВГОСТРОКОВИХ НАСЛІДКІВ ТРАНСФОРМАЦІЇ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ У ЄВРОПІ

Кирик В.В., д.т.н., професор, Куликовський Д.І., магістрант

КІП ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж та систем

Вступ. На теперішній час Європа стоїть на порозі значних змін у сфері виробництва електроенергії, спричинених необхідністю адаптації до глобальних екологічних викликів та забезпечення енергетичної безпеки. Трансформація електроенергетичного сектора в Європі є не лише вимушеним кроком для зменшення залежності від викопного палива, але й важливим внеском у зниження викидів парникових газів, що спричиняють зміну клімату. Європейський Союз прийняв низку стратегій та програм, спрямованих на розвиток екологічно чистих, відновлюваних джерел енергії, таких як сонячна, вітрова, гідро- та біоенергетика [1, 2]. Ця масштабна трансформація, хоча й обіцяє численні переваги, супроводжується також комплексом економічних, технологічних та соціальних викликів, що потребують аналізу та обґрунтованого управління.

Актуальність дослідження довгострокових наслідків трансформації виробництва електроенергії в Європі полягає у необхідності оцінити можливий вплив на економіку, навколишнє середовище та соціальну сферу. Безумовно, зміна структури енергетичного балансу впливає на ринки праці, інфраструктуру та інноваційний розвиток, вимагає значних інвестицій та технологічних зрушень, а також адаптації законодавства й регулювання. Важливо і те, що зростання частки альтернативних джерел енергії сприяє розвитку нових галузей, зниженню залежності від імпорту енергоресурсів та підвищенню енергетичної стійкості регіону.

Мета дослідження. Метою цієї статті є комплексний аналіз довгострокових наслідків трансформації енергетичного сектора Європи, включаючи можливі переваги, ризики та виклики, що виникають на цьому шляху. Дослідження також спрямоване на оцінку впливу цієї трансформації на досягнення цілей сталого розвитку та кліматичної політики ЄС. Результати аналізу дозволять краще зрозуміти, як Європа може ефективно переходити до більш стійкої енергетичної системи, зберігаючи баланс між економічними інтересами, соціальними потребами та екологічними вимогами.

Матеріали та результати дослідження. У 2023 році структура електроенергетики ЄС досягла нової віхи: вперше понад дві третини електроенергії було вироблено з екологічно чистих джерел. Вітрова та сонячна енергетика разом виробили 27% (721 ТВт·год) від загального обсягу електроенергії в ЄС - більше, ніж атомна енергетика на 23% (619 ТВт·год) та гідроенергетика на 12% (317 ТВт·год). Біоенергетика та інші відновлювані джерела дали ще 5,9% (159 ТВт·год). Частка викопної генерації впала до найнижчого рівня за всю історію - лише третина (33%) від загального обсягу генерації, що на шість відсоткових пунктів менше, ніж 39% у 2022 році. У 2023 році газ залишався найбільшим джерелом викопної генерації - 17% (452

ТВт·год), тоді як вугілля становило лише 12% (333 ТВт·год). Решта припадала на інші викопні види енергії, такі як нафта, - 3,5% (95 ТВт·год) [1].

Залежність ЄС від викопного палива для виробництва електроенергії значно знизилася з 2000 року, коли більше половини (52%) електроенергії в ЄС вироблялося з вугілля, газу та інших викопних джерел. У 2023 році ця частка впала до 33%. Значна частина цього падіння відбулася з 2009 року, коли почала зростати вітрова та сонячна енергетика. З 2009 по 2023 рік вітрова та сонячна генерація зросла в п'ять разів - з 139 ТВт·год до 721 ТВт·год. Їх сукупна частка в енергобалансі ЄС зросла з 5% до більш ніж чверті (27%) за той самий період. Таке стрімке зростання відбулося завдяки тому, що деякі країни ЄС, такі як Німеччина, стали першими, хто почав широко впроваджувати вітрову та сонячну енергетику на початку 2010-х років. Виробництво електроенергії з інших екологічно чистих джерел помірно знизилося за останні два десятиліття. Атомна генерація впала на 22%, з 860 ТВт·год у 2000 році до 619 ТВт·год у 2023 році. Гідроенергетика скоротилася на 21% (з 350 ТВт·год у 2000 році до 317 ТВт·год у 2023 році). Частка цих двох джерел знизилася з 33% до 23% для атомної та з 13% до 12% для гідрогенерації після мінімуму у 2022 році на тлі технічного обслуговування, спеки та посухи [1].

З 2015 року вугільна генерація в ЄС скоротилася на 372 ТВт·год. Найбільше падіння відбулося в Німеччині - 140 ТВт·год (-38%), за нею йдуть Іспанія (-48 ТВт·год), Італія (-29 ТВт·год) та Польща (-28 ТВт·год). За той же період вітрова генерація в ЄС зросла на 211 ТВт·год, особливо в Німеччині (+60 ТВт·год), Франції (+27 ТВт·год) та Іспанії (+15 ТВт·год). Аналогічно, виробництво сонячної енергії зросло на 146 ТВт·год, з найбільшим внеском Іспанії (+31 ТВт·год) та Німеччини (+24 ТВт·год). У Німеччині, найбільшому виробнику електроенергії в Європі, падіння виробництва атомної (-83 ТВт·год) та вугільної (-140 ТВт·год) генерації з 2015 року було переважно компенсовано зростанням вітрової (+60 ТВт·год) та сонячної (+24 ТВт·год) генерації, а також чистим імпортом (+57 ТВт·год) та газовою генерацією (+17 ТВт·год). У Франції падіння атомної генерації на 102 ТВт·год з 2015 року було компенсовано зростанням вітрової та сонячної генерації на 43 ТВт·год, а також збільшенням чистого імпорту (+14 ТВт·год) та газової генерації (+10 ТВт·год) [2].

У 2023 році попит на електроенергію в ЄС становив 2 697 ТВт·год, що на 94 ТВт·год (-3,4%) менше порівняно з 2 790 ТВт·год у 2022 році. У 2023 році на ЄС припадало 9% світового попиту на електроенергію. Чотири найбільші економіки ЄС склали більше половини (58%) попиту на електроенергію в ЄС. На Німеччину припадало 19% (515 ТВт·год), Францію - 17% (464 ТВт·год), Італію - 12% (315 ТВт·год) та Іспанію - 9,5% (256 ТВт·год). У 2023 році попит на електроенергію на душу населення в Європі становив 6,1 МВт·год. Фінляндія (14,7 МВт·год) та Швеція (13,2 МВт·год) мають найвищий попит на електроенергію на душу населення серед десяти країн з найбільшим попитом на електроенергію. Їхній попит на душу населення більш ніж удвічі перевищує середній показник по ЄС. Це пов'язано з вищим попитом на енергію через холодніший клімат і високий рівень економічного розвитку, а також вищими темпами електрифікації, з більшим поширенням електромобілів і теплових

насосів, ніж в інших країнах ЄС. Іспанія (5,4 МВт·год), Італія (5,3 МВт·год) та Польща (3,5 МВт·год) мають нижчий за середній попит на електроенергію на душу населення [2].

Оскільки енергопостачання стає чистішим, електрифікація стане ключовим важелем декарбонізації в усіх галузях промисловості. Станом на 2022 рік (останній рік, за який є дані) лише 21% кінцевого споживання енергії в ЄС припадає на електроенергію. Ця цифра має суттєво зрости завдяки впровадженню електрифікованих технологій. До ключових секторів, в яких очікується зростання електрифікації, належать транспорт, побутове енергоспоживання (наприклад, опалення) та промисловість. Згідно з даними Євростату за 2022 рік, лише 2% транспортного сектору ЄС електрифіковано. У житловому секторі також очікується масштабний перехід на теплові насоси, що призведе до подальшого збільшення попиту на електроенергію. Чверть (25%) кінцевого споживання енергії в житловому секторі наразі припадає на електроенергію.

Після зростання протягом 2010-х років попит в ЄС досяг піку в 1 036 ТВт·год у 2008 році. З тих пір він залишався в основному стабільним, лише з невеликими спадами. У 2023 році попит був на 6% нижчим за піковий - 974 ТВт·год. Німеччина продемонструвала одне з найбільших падінь з 2008 року - на 16% (-97 ТВт·год). Її частка в попиті ЄС скоротилася на 1,5 відсоткових пункти, з 20,6% у 2008 році до 19,1% у 2023 році. За той же період попит на електроенергію в Польщі збільшився на 12% (+11 ТВт·год) і склав 6,4% попиту на електроенергію в ЄС у 2023 році порівняно з 5,2% у 2008 році [2, 3].

За останні два десятиліття вітрова та сонячна енергетика витіснили викопну генерацію та компенсували падіння інших видів чистої генерації. Це ще більше прискорило скорочення викопної генерації в роки падіння попиту. У 2023 році падіння попиту на 94 ТВт·год у поєднанні зі зростанням вітрової та сонячної генерації на 90 ТВт·год і зростанням інших чистих джерел на 37 ТВт·год призвело до падіння викопної генерації на 209 ТВт·год. Для того, щоб викиди продовжували скорочуватися, зростання виробництва чистої електроенергії має відповідати новому попиту на електроенергію і навіть перевищувати його. В ЄС чотири з останніх п'яти років спостерігалось падіння попиту, що сприяло зменшенню потреби у викопній генерації. Оскільки електрифікація стимулюватиме зростання попиту на електроенергію в найближчі роки, збільшення обсягів чистої генерації стане ще більш важливим для задоволення нового попиту при одночасній декарбонізації існуючої генерації електроенергії [4].

Висновки. Установлено, що Європа на сучасному етапі розвитку прямує до створення гнучкої, ефективної декарбонізованої енергосистеми. ЄС вступає в нову еру свого енергетичного переходу. 2022 рік став поворотним моментом у відмові від залежності від викопного палива, що проявилось в структурних зрушеннях і прискорило перехід до чистої енергетики. У 2023 році ЄС суттєво активізував відмову не лише від вугілля, а й від газу. Якщо у 2022 році спостерігалось незначне зростання вугільної генерації через надзвичайні заходи з постачання та суттєві проблеми з постачанням гідро- та атомної енергії, то 2023

рік підтвердив зниження використання вугілля в усьому ЄС. Виробництво газу також падає протягом останніх чотирьох років, а викопні види палива досягли нового мінімуму, вперше в історії склавши менше третини виробництва електроенергії в ЄС.

Вітрова та сонячна енергетика рухають ЄС до нової мети у сфері відновлюваної енергетики. Хоча сонячна енергетика продовжує лідирувати за темпами зростання, вітроенергетика є основним гравцем, який у 2023 році досяг важливого рубіжу, вперше обігнавши газову генерацію. Незважаючи на рекордні обсяги виробництва та збільшення потужностей як для вітрової, так і для сонячної енергетики, очевидно, що їх розгортання ще не відбувається з необхідною швидкістю. Другий рік поспіль спостерігається значне річне падіння попиту на електроенергію, що сприяє прогресу у відмові від викопних видів палива. У 2023 році викиди в енергетичному секторі ЄС досягли найвищого за всю історію падіння, але оскільки зростання електрифікації в усіх секторах призводить до збільшення попиту, забезпечення його покриття за рахунок збільшення використання відновлюваних джерел енергії та їхніх ключових факторів має вирішальне значення для досягнення кліматичних цілей.

Перелік посилань

1. *European Electricity Review 2024*. London, UK: Ember, 2024. 95 p.
2. Eurostat. Energy statistics - an overview. Електронний ресурс. Режим доступу: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Energy_statistics_-_an_overview. (дата звернення: 01.11.2024)
3. European Environment Agency. *Decarbonising heating and cooling*. 2023. Електронний ресурс. Режим доступу: <https://www.eea.europa.eu/publications/decarbonisation-heating-and-cooling> (дата звернення: 01.11.2024)
4. European Commission. *The European Green Deal*. Електронний ресурс. Режим доступу: https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en (дата звернення: 01.11.2024)