

Денисюк С.П., д-р техн. наук, проф.
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», Україна

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПЕРЕХІД – ВИМОГИ ЯКІСНИХ ЗМІН У РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ

Масштабний перехід від традиційного способу генерації, розподілу та керування енергоресурсами до нової цифрової енергосистеми майбутнього є одним із головних трендів у сфері енергетики. **Енергетичний перехід** (нім. *Energiewende*, англ. *Energy transition*) – це перехід провідних країн до сталих економік шляхом відновлюваної енергетики, енергоефективності та сталого розвитку, де кінцевою метою є відмова від використання вугілля та інших невідновлюваних енергоресурсів [1]. Термін завдячує своєю появою публікації 1980 року німецького Інституту Прикладної Екології (нім. *Öko-Institut*), в якій йшлося про необхідність повної відмови від ядерної енергії та енергії з нафти [2]. В наступні два десятиріччя смислове навантаження цього термін розширювалося у значенні, він набув своєї поточної сутності в 2002 р.

Ключовий політичний документ, яким визначено Енергетичний перехід (*Energiewende*) був опублікований німецьким урядом у вересні 2010 р., за півроку до ядерної аварії на Фукусімі. Відповідна законодавча підтримка була прийнята в 2011 р. Основні аспекти включають: зменшення викидів парникових газів: зменшення викидів на 80–95% до 2050 р.; цілі по відновлюваній енергії: 60% частка до 2050 р. (гідро-, сонячна та вітрова енергія); енергоефективність: ефективність по електроенергії – до 50% до 2050 р.; відповідне стимулювання науково-дослідницьких розробок.

Енергетичний перехід означає суттєву зміну у енергетичній політиці: переорієнтацію політики від попиту до пропозиції та зміну від централізованої до розосередженої генерації, яка має замінити перевиробництво та споживання енергії, якого б можна було уникнути за рахунок енергозберігаючих заходів та зростання енергоефективності. У більш широкому сенсі, енергетичний перехід також включає демократизацію енергетики. У традиційній енергетичній галузі, декілька великих енергетичних компаній з великими централізованими генераціями (ТЕС, ГЕС, АЕС), домінують на ринку як олігополії, якої потрібно уникнути. На сьогодні сформувались наступні ознаки енергетичного переходу:

1. Перехід до більш гнучкої архітектури енергетичних систем за рахунок зростання частки відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) і розосередженої генерації в енергобалансі, розвитку інтелектуальних мереж у взаємозв'язку з розвитком технологій та ринку зберігання енергії, а також за рахунок появи активних споживачів.

2. Перехід до нового пакету технологій: генерація електроенергії на базі ВДЕ, силова електроніка, зберігання енергії, воднева енергетика, цифрові платформи (Cloud-технології) і Big Data, Інтернет речей (Internet of Things), високі фінансові технології, наприклад, блокчейни.

3. Перехід до нової бізнес-моделі електроенергетики: від традиційної ланцюжка формування доданої вартості «генерація – трейдинг – передача – збут» до моделі «Інтернету енергії» (Internet of Energy) і надання послуг у sms-середовищі, а також до розвитку нових сервісів для «споживачів-виробників» енергії.

4. Трансформація системи регулювання ринку електроенергетики: перехід від підтримки ВДЕ і конкуренції на ринку електроенергії до пріоритету підтримки споживача, інтеграції локальних рішень, а також від постачання енергії до «з'єднання потужностей» в рамках «Інтернету енергії», перехід до «гнучкого» ринку.

На європейському рівні базою енергетичного переходу постав Третій енергетичний

пакет (англ. *Third Energy Package*) – законодавство Євросоюзу щодо лібералізації газового і електричного ринків. Прийнятий Радою ЄС і Європарламентом в липні 2009 р. і набула чинності 3 вересня 2009 р. Ключовим аспектом даного пакета директив і регламентів ЄС є обмеження монополії постачальників газу і електрики, які блокують постачання конкуруючих енергетичних компаній за рахунок володіння мережами доставки до споживачів (газопроводами, ЛЕП тощо). Всі директиви і регламенти Третього енергетичного пакета були складено 13 липня 2009 року і опубліковані в Офіційному журналі ЄС 14 серпня 2009 року; наведемо ті із них, які мають відношення до електроенергетики: Регламент (ЄС) № 713/2009 про заснування Агентства зі співпраці органів регулювання енергетики; Регламент (ЄС) № 714/2009 про умови доступу до мережі для транскордонних обмінів; Директива (ЄС) № 72/2009 про внутрішній ринок електроенергії.

У кінці 2016 р. Єврокомісія представила для обговорення проект нового енергетичного пакета з промовистою назвою «Чиста енергія для всіх європейців» («Clean energy for all Europeans»). Цей документ відображає бачення того, за яким сценарієм ЄС може здійснити перехід до нового енергетичного майбутнього:

1) Єврокомісія пропонує після 2020 р. скасувати правило, за яким установки, що генерують електроенергію з відновлюваних джерел (ВДЕ: вітер, сонце тощо), мають право першочергового включення в електромережі. Частка «зеленої» генерації в ЄС на кінець 2016 р. досягла 30%, і це вже показник того, що сектор «дозрів» до конкуренції з іншими виробниками і його розвиток більше не потребує державної підтримки.

2) очікується зростання залученості споживачів в енергоринок, довгострокова мета ЄС за часткою ВДЕ в споживанні становить 50%. Це тягне за собою необхідність вирішити ще одне важливе питання: як забезпечити маневрування пікового споживання, яке зараз здійснюється за рахунок ТЕС. Новий етап розвитку енергоринку Єврокомісія бачить в переході від централізованих систем до систем розосередженої генерації, де енергетичні кооперативи і окремі домогосподарства перетворюються в учасників ринку (prosumer та prosumage) і мають можливість генерувати, зберігати і використовувати для власного споживання електроенергію з ВДЕ.

3) збільшення кінцевих показників (мети) з енергоефективності. Це питання нового «енергопакету» підтримують усі сторони процесу – Єврокомісія, Європарламент, представники бізнесу, експерти. На сьогодні планка приросту в енергоефективності до 2030 р. встановлена на рівні 27% від прогнозу рівнів енергоспоживання-2030, зробленого в 2007 році. Єврокомісія пропонує збільшити мету до 30%. На думку ж Європарламенту, на 2030 рік мета повинна бути більш амбітною та складати не менше 40%.

Сьогодні має місце зближення позицій Міжнародного Енергетичного Агентства (IEA), що мало в минулому вельми консервативну позицію по відношенню до відновлюваної енергетики, і Міжнародного Агентства з відновлюваної енергетики (IRENA). Це зближення підтверджено результатами спільного дослідження IEA і IRENA «Перспективи енергетичного переходу», окремі положення з яких наведені нижче:

1. Очікується, що близько 70% світового енергобалансу в 2050 р. буде низьковуглецевим, в основному за рахунок ВДЕ, енергоефективності, а також технологій уловлювання та зберігання вуглецю. Здійснення енергетичного переходу потребують значних додаткових політичних заходів в області вдосконалення енергетичної політики та правил роботи ринків електричної і теплової енергії;

2. Успішна інтеграція ВДЕ в роботу електроенергетичних систем стає ключовим елементом економічно ефективного енергетичного переходу;

3. Забезпечення доступу до сучасних енергетичних послуг для тих, хто у даний час їх позбавлений, залишається пріоритетом поряд з покращенням якості атмосфери за рахунок впровадження екологічно чистих енергетичних технологій;

4. Енергетичний перехід, крім виробництва та розподілу енергії, охопить і сектора кінцевого споживання: на електромобілі припадатиме домінуюча частка пасажирських і вантажних перевезень; розгортання ВДЕ має перейти за межі енергетичного сектора в тепlopостачання і транспорт;

5. Пріоритетом стане доступне, надійне і стійке біоенергопостачання.

Масштабний перехід від традиційного способу генерації, розподілу та керування енергоресурсами до нової енергосистемі майбутнього передбачає застосування широкого спектру цифрових рішень як штучний інтелект, машинне навчання, Internet of Things, блокчейн і Big data. Другим аспектом в контексті енергетики майбутнього постає перехід до безвуглецевих паливних систем. Енергоефективність та енергозбереження дозволять задовольнити зростаючий попит на енергію, підвищити продуктивність промисловості, обмежити викиди парникових газів в атмосферу, знизити витрати на підтримку енергетичної інфраструктури.

Для вирішення сформованих завдань і досягнення зазначених цілей Євросоюзу в енергетичній сфері Європейська Комісія створила Європейський Енергетичний Союз. Такий Союз сприятиме розробці нових технологій та інфраструктурних проєктів, які об'єднують європейські енергоринки, скоротять рахунки за електроенергію, забезпечать нові робочі місця й економічне зростання. Це дасть Європі змогу стати лідером у сфері відновлюваної енергетики і протидії кліматичним змінам та відстоювати єдину позицію щодо глобальних проблем енергетики.

Слід враховувати, що європейська енергосистема порівняно з українською дуже гнучка й здатна витримати пікові навантаження за рахунок багатьох факторів. Можливості ж нашої енергосистеми у цій частині обмежені регульовальною здатністю маневрених потужностей – теплових (ТЕС) електростанцій, гідроелектростанцій (ГЕС) і гідроакumuлюючих (ГАЕС) станцій. Частка «зеленої» генерації в Україні поки що мінімальна і складає до 2% від загального обсягу генерованої у країні електроенергії і сьогодні не впливає на енергосистему країни [3]. Зараз встановлена потужність ВЕС та СЕС сумарно складає 1353 МВт (ВЕС – 512 МВт, СЕС – 841 МВт), що мало впливає на баланс, і відхилення їх генерації від запланованої компенсується існуючими маневровими потужностями ТЕС ГК, ГЕС та ГАЕС [4].

Однак можлива поява нових викликів для енергосистеми у вигляді інтенсивного розвитку ВДЕ [5]. *Існує низка факторів, які безпосередньо впливають на роботу енергосистеми. Серед них ключові – слабка прогнозованість і велика нерівномірність навантаження сонячних (СЕС) і вітрових (ВЕС) електростанцій.* Відхилення навантаження й перевищення вироблення ВЕС і СЕС порівняно з рівнем споживання енергії в деяких випадках не можуть бути скомпенсовані регулюючою здатністю інших енергетичних об'єктів ОЕС України.

Для ВДЕ балансуєчими потужностями в нашій країні є ТЕС, ГЕС і ГАЕС (гідроакumuлюючі станції) [3, 5]. За результатами спільного дослідження, проведеного Укренерго разом з USAID та міжнародних експертів Tetra TechES і Mercados (презентовано в грудні 2018 р.), передбачалося, що до кінця 2020 р. ОЕС України зможе прийняти не більш як 4750 МВт ВДЕ: 1750 МВт – вітер і 3000 МВт – сонце [4]. Цих показників може бути досягнуто вже на початку 2020 року.

Якщо енергосистемі потрібен резерв у 1000 МВт, його насамперед забезпечать десятки енергоблоків ТЕС [5]. Такий сценарій розвитку умовно названо «зелено-вугільним парадоксом», коли різке зростання ВДЕ призводить не до декарбонізації, а до збільшення вироблення і вугільної генерації з усіма відповідними наслідками. Частка ТЕС не в процентному, а у фінансовому вираженні зростатиме (вони надаватимуть додаткові послуги, працюючи на найдорожчому балансуєчому ринку, тому їхній прибуток ростиме).

За п'ять місяців початку 2019 р. потужність приєднаних до енергосистеми СЕС збільшилася більш як на 550 МВт, тобто приріст становив 45% [4]. На сьогодні видано технічні умови і підписано договори на приєднання понад 6330 МВт нових СЕС і близько 4250 МВт ВЕС за старим високим тарифом для об'єктів генерації, які заявлені й тільки починають будуватися [5]. За даними Укренерго, що **якщо всі ці об'єкти буде побудовано, то в енергосистемі потужність ВЕС і СЕС становитиме близько 13500 МВт, а ціна на електричну енергію зросте мінімум удвічі. І це тільки за рахунок «зелених» генерації.** Мала «зелена» енергетика не має таких проблем, як велика, тому що так звані дахові приватні СЕС для приєднання не потребують технічних умов. Законодавці тільки обмежили потужності таких приватних СЕС – 50 кВт і дозволили встановлювати їх на дахах і фасадах при умові наявності внутрішнього споживання [4].

Останні дослідження щодо можливості інтеграції ВДЕ в енергосистему України були проведені Укренерго на основі статистичних даних роботи діючих СЕС та ВЕС з урахуванням їх перспективного розвитку в різних балансових умовах в характерні періоди року (зимовий максимум, літній мінімум та паводок) при середньобогаторічній температурі [5]. При цьому враховані вимоги з дотримання параметрів безпеки, забезпечення балансу та стабільної роботи ОЕС України.

За розрахунками Укренерго, до 2025 р. ОЕС може розвиватися за 3 сценаріями. Однак в будь-якому випадку необхідні додаткові заходи для балансування системи:

«А» – не вводяться додаткові високоманеврові потужності (за наявного рівня прогнозування) і вимушено обмежується виробництво електроенергії з ВДЕ.

«В» – обмежується частка атомних електростанцій та, відповідно, збільшується частка вугільної генерації для забезпечення необхідних маневрових потужностей і при цьому не обмежується розвиток «зеленої» генерації.

«С» – забезпечується розвиток та збільшується обсяг «зеленої» генерації при впровадженні системи точного прогнозування та будівництві 2,5 тис. МВт нових високоманеврових балансуєчих потужностей.

Укренерго підтримує третій, найоптимальніший з точки зору збалансованості інтересів споживача і розвитку ВДЕ, варіант. Першою складовою плану «С» розвитку «зеленої» генерації є введення 2,5 тис. МВт нових високоманеврових балансуєчих потужностей. Це дозволить уникнути збільшення генерації електроенергії на ТЕС і обмеження генерації з ВДЕ та АЕС, а також стримати зростання тарифів на електроенергію для споживачів усіх категорій. Орієнтовна вартість будівництва таких високоманеврових потужностей – 55 млрд. грн., термін окупності – близько шести років. *Це дозволить зекономити споживачам близько 65 млрд. грн. щороку за рахунок мінімізації зростання тарифу на електроенергію, який у тому числі залежить від складу генерації.* Найоптимальнішим є буд

івництво газопоршневих електростанцій з 10-хвилинним періодом виходу блоків на повну потужність, а також акумуляторів, що дозволяють швидко регулювати відхилення всередині однієї години. Також першочерговим заходом реалізації плану «С» є впровадження системи точного прогнозування з відхиленням: на ринку на добу наперед – 5–10%, внутрішньодобове планування – 3–5%.

Список використаної літератури:

1. Langfristszenarien und Strategien für den Ausbau der erneuerbaren Energien in Deutschland bei Berücksichtigung der Entwicklung in Europa und global. – Berlin, Germany: BMU, 2012.
2. Krause, Bossel, Müller-Reißmann: Energiewende — Wachstum und Wohlstand ohne Erdöl und Uran, S. Fischer Verlag 1980, ASIN: B0029KUZBI.
3. <http://mpe.kmu.gov.ua/>
4. <http://saee.gov.ua/>
5. <https://ua.energy/>