



Brakujące ogniwa transformacji energetycznej

Zuzanna Nowak, Marianna Skoczek-Wojciechowska

Osiągnięcie celów Europejskiego Zielonego Ładu (EZŁ) wymaga coraz większego wykorzystania OZE. Tymczasem wraz ze wzrostem udziału niestabilnych źródeł energii wzrasta problem zapewnienia elastyczności sieci energetycznych. Kluczowym wyzwaniem dla europejskiego systemu energetycznego jest zatem rozbudowa sieci elektroenergetycznych (krajowych i międzypaństwowych) oraz inwestycje w rozwój magazynów energii, by zapewniony został balans popytu i podaży.

[EZŁ zakłada dekarbonizację europejskiej gospodarki i odchodzenie od paliw kopalnych](#) m.in. poprzez rozwój OZE, które wg porozumienia państw członkowskich UE z marca br. zawartego pod wpływem [wojny na Ukrainie mają stanowić co najmniej 42,5% europejskiego miksu energetycznego do 2030 r.](#) Scenariusz zerowej emisji netto do 2050 r. przewiduje zarówno masowe wdrażanie źródeł odnawialnych, takich jak fotowoltaika i energia wiatrowa, jak i duży wzrost ogólnego zapotrzebowania na energię w miarę elektryfikacji gospodarki. Jednak charakterystyka OZE, jako niestabilnych źródeł energii o ograniczonej dyspozycyjności, stawia przed państwami UE dodatkowe wyzwania związane z zapewnieniem elastyczności systemu elektroenergetycznego, a największym z nich jest rozwój sieci oraz magazynów energii.

Sieci. Sieci energetyczne umożliwiają włączenie do systemu energii z różnych źródeł (zarówno dużych jednostek, jak i rozproszonych OZE), a następnie jej przesył i dystrybucję do odbiorców końcowych – docelowo w całej UE, ze względu na uwspólnotowanie rynku energii elektrycznej. Aby utrzymana została obowiązująca w UE częstotliwość 50 Hz, a tym samym stabilność systemu, ilość energii elektrycznej wprowadzanej do sieci musi być zawsze równa ilości zużywanej energii elektrycznej (pomijając straty przesyłowe). W przeciwnym razie nastąpi awaria, tzw. blackout.

W przeszłości, gdy generacja energii zachodziła głównie w jednostkach wytwórczych centralnie dysponowanych (np. elektrowniach węglowych), zarządzanie podażą było bardziej przewidywalne. Obecnie, w związku z zieloną transformacją

i postępem technologicznym, na funkcjonowanie sieci wpływają dodatkowe czynniki, m.in. ilość wprowadzanej do systemu energii (np. słonecznej lub wiatrowej), zależnej od pogody, po stronie podaży, a po stronie popytu – rosnące wykorzystanie energochłonnych urządzeń (np. samochodów elektrycznych lub pomp ciepła). W konsekwencji system musi być elastyczny, by bilansować podaż i popyt w różnych okresach. Istotnymi wyzwaniami są także starzenie się infrastruktury przesyłowej (szacuje się, że ok. 1/3 sieci w UE ma ponad 40 lat) oraz ograniczona dostępność surowców (np. miedzi) do produkcji nowych linii energetycznych. Skutkuje to w ostatnich latach rekordowym obciążeniem sieci energetycznych. Ze względu na ich niewydolność w wielu krajach rośnie liczba opóźnień i odmów przyłączeń nowych instalacji OZE. Problem ten wyraźnie jest widoczny m.in. w Polsce – w ubiegłym roku operatorzy sieci dystrybucyjnej zgłosili do Urzędu Regulacji Energetyki 7 tys. odmów wydania warunków przyłączenia na łączną moc 51 GW.

Według danych Komisji Europejskiej tylko w latach 2020–2030 inwestycje w sieć elektroenergetyczną (zwłaszcza dystrybucyjną) powinny wynieść blisko 600 mld euro, a znaczna ich część – 170 mld euro – będzie przeznaczona na cyfryzację i automatyzację (*smart grids* i wykorzystanie [internetu rzeczy](#)). Ma to zapewnić zwiększenie elastyczności systemu poprzez inteligentne zarządzanie wszystkimi przyłączonymi podmiotami. Na przykład już ponad 56% odbiorców w UE wyposażonych jest w inteligentne liczniki energii, pozwalające analizować popyt (w Polsce do końca 2023 r. ten odsetek wyniesie 15%). Innowacjom technicznym towarzyszyć muszą rozwiązania prawne, dotyczące m.in.

budowy linii bezpośrednich między producentem i odbiorcą energii, a także *cable pooling*, czyli przyłączy dla hybrydowych instalacji OZE (np. uzupełniających się wiatraków i paneli solarnych). Rozwiązanie to funkcjonuje już m.in. w Holandii, Hiszpanii, Portugalii i Danii.

UE stawia także na zwiększanie współpracy w zakresie rozbudowy połączeń międzysystemowych w ramach polityki transeuropejskiej sieci energetycznych (TEN-E) i zrzeszenia europejskich operatorów systemów przesyłowych (ENTSO-E). Takie inwestycje realizowane są m.in. w ramach [projektów o wspólnotowym znaczeniu \(PCI\)](#) czy instrumentu łącząc Europę. Pozwalają one m.in. na przyłączenie izolowanych obszarów (połączenie Irlandii z Francją do 2026 r.) czy synchronizację systemów (przyłączenie krajów bałtyckich do polskiej sieci do 2025 r.) oraz umożliwiają bieżące reagowanie na potrzeby (np. w kwietniu 2022 r. Francja, będąca zwykle eksporterem energii netto, ze względu na wyłączenia elektrowni jądrowych musiała ratować się importem z Niemiec). [W dobie intensywnego rozwoju OZE](#) linie transgraniczne stały się kluczowym elementem utrzymania bezpieczeństwa dostaw energii w UE, ponieważ pozwalają na przesyłanie energii elektrycznej z regionów o dużej lub nadmiernej produkcji do obszarów dotkniętych jej niedoborami.

Magazyny. Znaczenie rozwoju magazynów energii wzrasta wraz z integracją nowych niestabilnych OZE. Systemy magazynowania energii umożliwiają odłożenie w czasie zużycia energii elektrycznej lub ciepłej. Przechowywanie energii elektrycznej zwykle odbywa się w sposób chemiczny (np. akumulatory kwasowo-ołowiowe czy litowo-jonowe) lub mechaniczny (np. elektrownie szczytowo-pompowe). Z kolei systemy magazynowania energii ciepłej obejmują technologie takie jak zbiorniki ciepłej wody i bardziej zaawansowane, polegające na zwiększeniu gęstości (np. stopione sole, stosowane w koncentrowaniu energii słonecznej). Te nowoczesne rozwiązania często nie odpowiadają jeszcze potrzebom skali przemysłowej, a ich [łańcuchy dostaw są wciąż niepewne](#). Na przykład zakłócenia na rynku i konkurencja ze strony producentów doprowadziły do [wzrostu kosztów kluczowych minerałów wykorzystywanych do produkcji akumulatorów](#), zwłaszcza litu. Z kolei tradycyjne rozwiązania w zakresie magazynowania energii, w szczególności elektrownie szczytowo-pompowe, wiążą się ze znaczną ingerencją w środowisko naturalne.

Magazynowanie energii w UE dynamicznie się rozwija (2,8 GW nowych magazynów energii na skalę przemysłową uruchomionych w 2022 r., z ok. 60 GW w 2022 r. już

funkcjonujących, głównie w postaci elektrowni szczytowo-pompowych). Dodatkowo KE szacuje, że do 2030 r. powstanie 200 GW pojemności magazynowania energii (i 600 GW do 2050 r.). Polska także planuje rozwijać wielkoskalowe projekty magazynowe. Na przykład grupa PGE zakłada budowę jednostek magazynowania o łącznej mocy co najmniej 800 MW do 2030 r., a budowany przez nią baterijny magazyn energii w Żarnowcu (o mocy powyżej 200 MW i pojemności powyżej 820 MWh) ma być największą jak dotąd instalacją tego typu w Europie.

Technologie magazynowania energii mogą ułatwić elektryfikację poszczególnych sektorów gospodarki, zwłaszcza budynków i transportu. Poprzez upowszechnienie pojazdów elektrycznych wzrasta potencjał zastosowania ich w bilansowaniu sieci elektroenergetycznej, np. dzięki absorpcji nadwyżki energii elektrycznej w okresach wysokiego wytwarzania energii elektrycznej z OZE i niskiego zapotrzebowania na nią. Energię zmagazynowaną w bateriach pojazdów elektrycznych można również skutecznie wykorzystać do pomocy w stabilizacji sieci, np. zasilania domów.

Wnioski i rekomendacje. Zastępowaniu źródeł kopalnych i elektryfikacji gospodarek muszą towarzyszyć szeroko zakrojone działania na rzecz zwiększania elastyczności rynków energii elektrycznej. Może to nastąpić poprzez rozwój sieci i magazynów energii w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego i zbilansowania rynku energii. W celu sprawniejszego zarządzania stroną popytową konieczne jest zwiększanie świadomości konsumentów o ich roli w stabilizacji systemu energetycznego. Równocześnie UE i jej poszczególni członkowie uczestniczą w nowym wyścigu technologicznym, w którym kluczowy jest dostęp do surowców wspierających transformację (jak metale ziem rzadkich, miedź, aluminium). W tym kontekście ważne są unijne działania legislacyjne ([rozporządzenie o przemyśle neutralnym dla klimatu – Net Zero Industry Act](#) i [rozporządzenia w sprawie surowców krytycznych](#)). Wiąże się to z rozwojem inteligentnego zarządzania popytem i podażą, a także odporności systemu energetycznego na zagrożenia dla cyberbezpieczeństwa. Ważne także, by elektroenergetyczne plany EZŁ nie skutkowały wzrostem cen i stawek opłat dla odbiorców, nad czym powinni czuwać regulatorzy. Przed Polską stoją te same wyzwania, ale i szanse na zwiększenie konkurencyjności gospodarki, zwłaszcza wobec rozbudowy generacji energii na północy kraju (i przyłączy dla energii jądrowej i morskiej wiatrowej), a także rosnącej kompetencji w zakresie produkcji baterii litowo-jonowych.