

prof. dr hab. Andrzej Szablewski¹ 

Instytut Nauk Ekonomicznych PAN

Sektor konwencjonalnej elektroenergetyki wobec wyzwania transformacji technologicznej²

WPROWADZENIE

U podstaw prezentowanego w artykule krytycznego stosunku do przyjętego kierunku polityki energetycznej (*Polityka energetyczna...*, 2019) – w ramach którego zakłada się utrzymanie jeszcze w długim okresie węglowego charakteru sektora elektroenergetycznego oraz deklaruje zamiar budowy energetyki jądrowej – leży przekonanie, że twórcy tej polityki w niedostatecznym stopniu uwzględniają wyzwania i wynikające z nich zagrożenia dla tych obu rodzajów energetyki, jakie rodzi nabierająca w ostatnich latach coraz szybszego tempa transformacja technologiczna implikująca szybki rozwój energetyki odnawialnej. W tym kontekście widzieć należy cel tego artykułu. Jest nim uzasadnienie tezy, że po pierwsze, największym zagrożeniem jest pojawienie się tzw. spirali śmierci, która nada tego rodzaju aktywom status aktywów osieroconych oraz po drugie, w warunkach rosnącego udziału źródeł OZE w krajowym *mixie* energetycznym należałoby postawić na rozwój gazowych źródeł wytwarzania energii elektrycznej. Uzasadnienie sformułowanej tu tezy oparte zostało na analizie aktualnego stanu wiedzy w zakresie stanu zaawansowania i kierunków rozwoju technologicznej transformacji sektora elektroenergetycznego oraz implikacji tego procesu dla ekonomiki energetyki węglowej i jądrowej oraz gazowej.

STAN I PERSPEKTYWY TRANSFORMACJI TECHNOLOGICZNEJ

Mimo szybko rosnącej liczby krajowych publikacji poświęconych transformacji technologicznej sektora elektroenergetycznego ciągle jeszcze zbyt rzadko postrzega się ją jako dynamicznie rozwijający się proces doskonalenia i poszerza-

¹ Adres korespondencyjny: Instytut Nauk Ekonomicznych PAN, ul. Nowy Świat 72, 00-330 Warszawa; tel. +48 22 657 27 07; e-mail: andrzej.szablewski@p.lodz.pl. ORCID: 0000-0002-0084-9966.

² Badania statutowe w Instytucie Nauk Ekonomicznych PAN.

nia się zbioru współzależnych technologii, które w coraz szybszym tempie zmienią będą wszystkie ogniwa sektora elektroenergetycznego – wytwarzanie, dostarczanie, ale i także zużywanie energii elektrycznej. Uwaga ta dotyczy zwłaszcza decyzyjnych gremiów kształtujących krajową politykę energetyczną i niektórych, związanych z nimi, ekspertów. W tych kręgach dominuje bowiem traktowanie transformacji przez pryzmat jej obecnego stanu, zwłaszcza w naszym kraju, co pozwala z kolei na eksponowanie problemu niestabilności dostaw tego rodzaju źródeł i w konsekwencji uzasadniania niezbędności istnienia jeszcze przez długi okres energetyki węglowej i dodatkowo rozwoju energetyki jądrowej.

Aby określić skalę wyzwań oraz wynikających z nich zagrożeń, a także i szans, jakie rodzić będzie postępująca transformacja technologiczna, trzeba postrzegać ją jako zbiór technologii, które po pierwsze, znajdują się na różnym etapie zaawansowania³, po drugie, będą osiągać coraz szybciej stan gotowości aplikacyjnej, po trzecie, wymagają traktowania z perspektywy holistycznej. Dopiero przyjęcie takiej perspektywy pozwala dostrzec w nich potencjał spotęgowanego efektu synergii, który przesądza o tym, że technologie te mają charakter przełomowy (*game changers*).

Z punktu widzenia sformułowanej na wstępie tezy, kluczowe znaczenie mają technologie, które można określić jako technologie uruchamiające zasoby energetyki rozproszonej (*distributed energy resources*). Zalicza się do nich przede wszystkim trzy kategorie technologii. Pierwszą z nich są technologie wykorzystujące siłę wiatru i promieniowanie słoneczne, które w ostatnich latach (2009–2018) zanotowały spektakularnie szybki spadek kosztów wytwarzania energii elektrycznej – odpowiednio 70% i 90% (*Power...*, 2019). Już osiągnięty postęp w tym zakresie zbliża je do poziomu *grid parity* – czyli równości kosztów energii z OZE z kosztami energetyki konwencjonalnej – a w niektórych krajach poziom ten został już osiągnięty⁴.

W obszarze energetyki wiatrowej głównym obecnie kierunkiem rozwoju, jeśli chodzi o spodziewany szybki wzrost potencjału produkcyjnego i zwiększenia stopnia stabilności dostaw, jest rozwój źródeł lokalizowanych na morzu. Ten rodzaj energetyki jest już od dłuższego czasu z powodzeniem rozwijany w Europie. Zaległości w tym zakresie planują w szybkim tempie odrobić Stany Zjednoczone, gdzie zatwierdzono już do budowy turbiny o łącznej mocy 17 000 MW, która odpowiadałaby obecnej mocy turbin europejskich. Obecny program rozwoju morskiej energetyki wiatrowej opiera się na udoskonalonej technologii pozwalającej nie tylko budować znacznie większe turbiny i dzięki temu obniżać jednostkowe koszty wytwarzania, ale także lokalizować je dalej od brzegu, co z kolei zmniejsza opory społeczności nadmorskich, które stanowiły dotąd, zwłaszcza w USA, główną barierę jej rozwoju (por. *Gust of...*, 2019).

³ Wyróżnia się tu trzy kategorie technologii: a) już dostępne i stosowane (*available today*), b) w zasięgu ręki (*near ot hand*) oraz c) przyszłościowe (*on the horizon*) (por. Szulc, Armstrong, 2014).

⁴ Jak oceniano, do 2020 roku *grid parity* zostanie osiągnięte w 42 stanach amerykańskich (Hopf i in., 2017).

Niewątpliwie znacznie większy potencjał rozwoju posiada energetyka solarna, jeśli uwzględnić dwie okoliczności, a mianowicie, że po pierwsze, docierająca do powierzchni ziemi w ciągu godziny energia słoneczna może zapewnić całoroczne zapotrzebowanie świata na energię elektryczną oraz po drugie, dotychczasowy stan technologii pozwala wykorzystać tylko 7% promieniowania słonecznego. Zwiększenie zakresu wykorzystania tego promieniowania stanowi obecnie ważny kierunek badań, których stadium zaawansowania pozwala zaliczyć tego rodzaju technologie do III generacji technologii określanych jako przyszłościowe. Stan badań laboratoryjnych umożliwia już dzisiaj wykorzystywanie 44% promieniowania słonecznego, zaś stan badań teoretycznych pozwala twierdzić, że stopień wykorzystania będzie można zwiększyć dwukrotnie. Sceptycy mogą dowodzić, że koszty uzyskiwania energii elektrycznej z tego rodzaju ogniw fotowoltaicznych są obecnie horrendalnie wysokie, ale warto tu przypomnieć, że w początkowym okresie rozwoju fotowoltaiki koszt uzyskiwania 1 wata wynosił 70 USD, a dzisiaj obniżył się już do poziomu 0,03 USD (Szulc, Armstrong, 2014). Obecnie główny postęp w zakresie energetyki solarnej małej skali polega na obniżaniu kosztów montowania ogniw fotowoltaicznych oraz na stosowaniu nowych, bardziej efektywnych materiałów do ich budowy (Helm, 2018).

Drugą kategorią technologii, gwałtownie obecnie rozwijanych i już w coraz szerszym zakresie aplikowanych, są technologie magazynowania energii elektrycznej. Należy podkreślić, że dokonujący się w tym zakresie postęp będzie w coraz większym stopniu po pierwsze, osłabiać skutki podstawowej słabości źródeł solarnych i wiatrowych – a mianowicie przerywalności dostaw, której istnienie wymaga utrzymywania znaczącego potencjału rezerwowych mocy energetyki konwencjonalnej – i dzięki temu radykalnie poprawiać ich ekonomikę, po drugie, uaktywniać, do niedawna całkowicie pasywną, popytową stronę rynku energii elektrycznej i w ten sposób ułatwiać utrzymywanie systemu elektroenergetycznego w stanie stabilnej równowagi oraz po trzecie, jeszcze bardziej wzmacniać przesłanki rozwoju energetyki prosumenckiej.

Pomijając tu nowe, także szybko rozwijające się wielkoskalowe technologie magazynowania, trwające od ostatniej dekady XX wieku tempo postępu w zakresie produkcji baterii określane było już w 2013 roku przez MIT Technology Review jako wykładnicze (por. *Energy storage...*, 2013) i to zarówno, jeśli chodzi o potencjał, jak i koszty magazynowania. Według tego źródła w 2005 roku koszt magazynowania jednostki energii elektrycznej w bateriach był 11 razy niższy od kosztu magazynowania w tego rodzaju technologii, notowanego w 1991 roku. I znowu sceptycy mogliby wskazywać, że mimo tak szybkiego postępu w rozwoju tej technologii, jej znaczenie jest ciągle marginalne, bowiem aż 99% całkowitego potencjału magazynowania w 2013 roku stanowiły elektrownie szczytowo-pompowe, reprezentujące tradycyjną technologię, zaś przypadający na baterie 1% światowego potencjału magazynowania odpowiadał mocy tylko jednej standardowej elektrowni węglowej (Szulc, Armstrong, 2014).

Na coraz bardziej realne znaczenie tego rodzaju potencjału magazynowania wskazuje jednak dynamicznie przyspieszający w ostatnich latach proces instalowania baterii w Niemczech, który traktuje się tam jako drugi etap *Energiewende* otwierający drogę do całkowitego odejścia od ciągle istotnej w energetycznym *mixie* tego kraju energetyki węglowej (Amelang, 2018)⁵. Szczególnie szybko proces ten przebiega na poziomie niemieckich gospodarstw domowych, z których w 2018 roku aż 100 000 posiadało już własną instalację do magazynowania i zakładano, że do 2020 roku ich liczba powinna się podwoić. Sprzyjać temu ma fakt, że już obecnie połowa oferowanych gospodarstwom domowym paneli fotowoltaicznych zawiera także baterię. Ciekawe, że w motywacji niemieckich gospodarstw domowych obok czynnika ekonomicznego – zmniejszenia poboru zdecydowanie droższej energii z sieci, znaczącą rolę odgrywa także argument natury ideologicznej, a mianowicie poparcia dla strategii *Energiewende* i chęci uniezależnienia się od energii sieciowej. Podobnie szybkie tempo wprowadzania technologii magazynowania odnotowuje się w Kalifornii, która przoduje w USA w zakresie wprowadzania OZE. Do 2020 roku planowano tam budowę wielkoskalowych instalacji o łącznej mocy 1325 MW, zakładając zarazem, że w najbliższej przyszłości proces ten znacznie przyspieszy także i w innych stanach USA (*Draft: White Paper on...*, 2017). Co więcej, podobnie jak w Niemczech, coraz więcej amerykańskich gospodarstw domowych wykazuje zainteresowanie instalowaniem baterii (*Residential storage...*, 2018).

Jest to zresztą proces ogólnosiwiatowy. Według obecnych szacunków, potencjał magazynowania, z wyłączeniem elektrowni szczytowo-pompowych, wzrośnie aż do 50 000 MW. Równolegle rozwijać się będzie motoryzacja elektryczna. Traktuje się ją jako ważny w nieodległej przyszłości element systemu magazynowania energii elektrycznej i stabilizowania systemu energetycznego, jeśli uwzględnić, że do 2025 roku może ona dysponować potencjałem magazynowania na poziomie 293 000 MW (szerzej o roli tego czynnika w: Helm, 2018, s. 77 i n.). Szybki rozwój technologii magazynowania w małej skali dokonuje się obecnie w dwóch kierunkach, a mianowicie doskonalenia obecnej generacji baterii oraz kontynuowania prac nad nowymi rodzajami baterii. Zakłada się, że rozwój tego rodzaju technologii uczyni magazynowanie energii elektrycznej opłacalną alternatywą wobec źródeł szczytowych (*The Future of...*, 2017).

Efekt synergii w rozwoju energetyki rozproszonej nie byłby możliwy bez dokonującego się równolegle rozwoju trzeciej kategorii technologii. Chodzi tu o technologie inteligentnych sieci i opomiarowania zużycia przez końcowych odbiorców. Inteligentne, dwukierunkowe sieci, w tym zwłaszcza dystrybucyjne, wyposażone w coraz bardziej zaawansowaną technologię informatyczną, umożliwiają bowiem osiągnięcie trzech ważnych efektów. Po pierwsze, zwiększanie stopnia samowystarczalności lokalnych rynków dzięki zapewnieniu efektywnego współdziałania

⁵ Na mocy już podjętych decyzji w 2038 roku wyłączona zostanie ostatnia elektrownia węglowa (*Niemcy podjęli...*, 2019).

znajdujących się tych rynkach rozproszonych źródeł energii odnawialnej oraz instalacji służących do jej magazynowania. Po drugie, poprawę bezpieczeństwa pracy krajowego systemu elektroenergetycznego i obniżenie kosztów jego funkcjonowania dzięki redukcji zapotrzebowania na energię elektryczną w okresach dziennych szczytów. Po trzecie wreszcie, zmniejszanie całkowitego zapotrzebowania na energię elektryczną wytwarzaną przez konwencjonalną energetykę wielkoskalową.

Ten zestaw korzyści ulega jeszcze wyraźnemu spotęgowaniu, jeśli uwzględnić, że wprowadzane coraz szerzej inteligentne opomiarowanie pozwala na uruchomienie aktywności strony popytowej. Tego rodzaju technologia umożliwia bowiem dostawcom po pierwsze, mierzenie w czasie realnym zużycia energii elektrycznej przez poszczególnych odbiorców, po drugie, przekazywanie im na bieżąco sygnałów cenowych wyrażających rzeczywisty koszt dostarczonej w danym czasie energii elektrycznej oraz sygnałów o innych, istotnych dla dostawcy i odbiorców energii elektrycznej, parametrach działania sektora elektroenergetycznego. Uzyskany w ten sposób wzrost aktywności strony popytowej jest szczególnie pożądanym w warunkach rosnącego udziału rozproszonej generacji OZE. O już możliwych do uzyskania z tego tytułu korzyściach świadczą niektóre szacunki dokonywane w USA. Według nich, aktywizacja strony popytowej będzie redukować o 10% roczne nakłady inwestycyjne ponoszone obecnie na rozbudowę i modernizację amerykańskiej sieci energetycznej (*The Future of...*, 2017).

Jak dotąd, aktywnością w zakresie reagowania na sygnały dotyczące warunków dostaw wykazują się przede wszystkim duzi, komercyjni odbiorcy. Niemniejszy jednak potencjał korzyści tkwi w uaktywnieniu mniejszych odbiorców, w tym także gospodarstw domowych. Aby pobudzić ich mniejszą z natury – z powodu braku czasu lub motywacji do bieżącego śledzenia informacji przekazywanych przez liczniki – aktywność zaczyna się stosować różne rozwiązania. Jednym z nich jest instalowanie aplikacji na telefony do informowania ich o czasie występowania szczytów cenowych lub możliwości zakłóceń w dostawach energii elektrycznej. Stosowanie tego rozwiązania już pozwoliło na obniżenie o 4% poboru energii elektrycznej w trwającym cztery godziny szczycie dziennym (*The Future of...*, 2017). Niewątpliwie przełomowe w tym zakresie znaczenie będzie miało uruchomienie technologii internetu rzeczy, który polega na wyposażeniu urządzeń pobierających u odbiorców energię elektryczną w instalację pozwalającą na automatyczne reagowanie na rynkowe sygnały cenowe. Wreszcie ważną zaletą inteligentnego opomiarowania jest to, że umożliwia ono wprowadzenie systemu tzw. net meteringu, który znany jest u nas pod nazwą systemu upustów. System ten pozwala właścicielom instalacji fotowoltaicznych na odsprzedawanie do sieci nadwyżek wytworzonej przez nich energii elektrycznej, co stanowić może kolejnym, bardzo silnym bodźcem do rozwoju energetyki prosumenckiej.

Doskonalenie i wdrażanie tego rodzaju technologii będzie więc z jednej strony sprzyjać wzrostowi podaży coraz tańszej energii ze źródeł OZE, z drugiej zaś wyraźnie zwiększać aktywność popytowej strony rynku energii elektrycznej. Su-

marycznym efektem tego rodzaju kierunku rozwoju będzie wygładzanie diennej krzywej zużycia energii elektrycznej, czyli zmniejszania poboru energii elektrycznej w okresach szczytowego zapotrzebowania, oraz stopniowe łagodzenie problemu przerywalności dostaw energii elektrycznej, a w dłuższej perspektywie czasowej całkowita likwidacja tego problemu. O tym, że perspektywa ta nie jest bardzo odległa, świadczą już ujmowane w formie decyzji i odpowiednich aktów prawnych zapowiedzi o osiągnięciu stanu całkowicie bezemisyjnej elektroenergetyki w najbliższych 20–25 latach (Schulte, Fletcher, 2019).

SPIRALA ŚMIERCI EGZYSTENCJALNYM ZAGROŻENIEM DLA ENERGETYKI JĄDROWEJ I WĘGLOWEJ

Można zatem oczekiwać, że bez względu na postawę ośrodków władzy gospodarczej narastać będą przesłanki szybkiego wzrostu udziału energii elektrycznej z OZE. Jest to ważna konstatacja. Jeszcze bowiem do niedawna rozwój energetyki odnawialnej stymulowany był działaniami państwa, co wynikało z jej niekonkurencyjności kosztowej. Stąd też jej dotychczasowy rozwój był warunkowany subsydiami oraz stosowaniem zasady pierwszeństwa w odbiorze energii z OZE przed energią ze źródeł konwencjonalnych. Najlepszy przykład stosowania takiej polityki dostarczają Niemcy, gdzie już od dawna kolejne rządy zaczęły forsować rozwój elektroenergetyki bezemisyjnej, a od 2010 r. przystąpiono do realizacji, wspomnianego wcześniej, szeroko zakrojonego procesu transformacji technologicznej sektora elektroenergetycznego *Energiewende*. W wyniku tych działań w 2019 r., udział energii z OZE wzrósł do 40% (*Germany's...*, 2019). Ogromne jednak koszty związane z subsydiowaniem energii OZE wywindowały ceny energii elektrycznej w Niemczech do najwyższego w Europie poziomu i przyczyniły się do upowszechnienia przekonania, że tego rodzaju transformacja możliwa jest tylko w bogatych krajach, w których dodatkowo ma ona silne wsparcie rządowe (*Its not easy...*, 2016).

Nieuchronny, i to nawet bez specjalnego wsparcia regulacyjnego, szybki wzrost potencjału wytwórczego energetyki odnawialnej wynikać będzie nie tylko z motywacji ekonomicznej (obniżania się kosztów wytwarzania), ale także z umacniającego się poparcia opinii publicznej dla działań na rzecz ograniczania emisji gazów cieplarnianych i rozszerzającej się już inicjatywy wielkich korporacji, aby kupować energię elektryczną ze źródeł nieemisyjnych⁶. Warto tu podkreślić, że w przypadku krajowej energetyki węglowej dodatkowym, i już silnie działającym, czynnikiem destrukcji ich ekonomiki, będzie postępujący wzrost kosztów produkcji, a więc i cen energii elektrycznej, powodowany internalizacją

⁶ Do tej inicjatywy przyłączyło się już 150 korporacji, które utworzyły Alians Odbiorców Energii Odnawialnej (*Renewable Energy Buyers Alliance*), która będzie lobbować za rozwojem tego rodzaju energetyki (*Power...*, 2019).

kosztów emisji CO₂ (wzrostem opłat za prawa emisji). Rosnący, w związku z powyższym, udział coraz tańszej energii OZE na krajowym rynku energii elektrycznej będzie powodować trwały spadek zapotrzebowania na energię elektryczną ze źródeł węglowych i jądrowych uruchamiając w ten sposób proces destrukcji ich ekonomiki zwany spiralą śmierci.

Na proces ten składają się dwa czynniki. Po pierwsze, niski stopień elastyczności tych źródeł – czyli ich mocno ograniczonej zdolności do efektywnej współpracy z przerywalnymi OZE (wyłączania i włączania w zależności o wielkości dostaw energii z OZE)⁷ – który powoduje, że aby nie ograniczać ich produkcji są one gotowe – jak już się dzieje w niektórych krajach – sprzedawać energię elektryczną po cenach negatywnych. Po drugie, jeszcze ważniejszy powód postępującej destrukcji konkurencyjności wielkoskalowej energetyki węglowej i jądrowej będzie wynikał ze struktury ich kosztów wytwarzania, a mianowicie dominacji kosztów stałych, co powoduje, że zmiany wysokości kosztów jednostkowych są funkcją czasu pracy – im jest on krótszy, tym wyższe koszty jednostkowe – a czas ten wraz z postępowaniem transformacji technologicznej likwidującej dotychczasowe ograniczenia w rozwoju OZE będzie się przecież nieuchronnie skracał.

Mechanizm spirali śmierci ma charakter samonakręcającego się procesu – wzrost cen energii ze źródeł węglowych i jądrowych stymulować będzie odbiorców, ale i także prywatnych inwestorów, do budowy OZE. Siłę jego działania dodatkowo przyspieszać będą zapowiadane przez Komisję Europejską regulacje wymagające zwiększenia przepustowości infrastruktury przesyłowej w celu ułatwienia transgranicznej sprzedaży energii z OZE. Efektem działania tego mechanizmu będzie więc przekształcanie się aktywów energetyki węglowej i jądrowej w tzw. aktywa osierocone (*stranded assets*). Są to aktywa, które nie generują przychodów w stopniu zapewniającym inwestorom zwrot poniesionych na nie nakładów, powodując w ten sposób powstawanie u nich kosztów, określanych odpowiednio jako koszty osierocone. Z uwagi na strukturę właścicielską krajowych spółek wytwórczych, koszty te obciążą zarówno skarb państwa (a więc podatników), jak i akcjonariuszy prywatnych, bądź też przerzucone zostaną na odbiorców przez włączenie ich do ceny zakupu energii elektrycznej.

Problem spirali śmierci już stanowi – jak pokazują kraje najbardziej zaawansowane w rozwoju OZE – poważny problem, który od paru lat jest przedmiotem pokaznego piśmiennictwa i raportów eksperckich (por. np. Laws i in., 2017; *The Economics of...*, 2014). Jak dotąd problem ten najostrzej zaznaczył się w Niemczech. Cztery największe tam koncerny elektroenergetyczne poniosły ogromne straty z tego tytułu (*How to lose...*, 2013). Aby więc nie zwiększać skali tych kosztów przeprowadziły one radykalne programy wewnętrznej restrukturyzacji. Polegały one na po pierwsze, wydzieleniu i docelowym pozbyciu się aktywów

⁷ Szerzej o problemie elastyczności w kontekście współpracy z OZE w: (Wojtkowska-Łodej, Szablewski, Motowidlak, 2018).

energetyki węglowej oraz po drugie, rozwoju energetyki odnawialnej traktowanej jako ich główny rodzaj działalności energetycznej (por. np. Hopf i in., 2017). Problem ten zaczyna także nabierać coraz większego znaczenia w USA, gdzie według Raportu Black & Veatch (*Strategic Directions...*, 2018), aż 71% tamtejszych przedsiębiorstw dostrzega możliwość wpadnięcia w spiralę śmierci. Trzeba także odnotować, że zagrożenie spiralą śmierci dostrzegane jest również w krajowych publikacjach dotyczących sektora elektroenergetycznego (Chojnacki, 2019), a także i ciepłowniczego (*Forum Energii: ciepłownictwu...*, 2017).

CZY JEST ALTERNATYWA DLA ENERGETYKI WĘGLOWEJ I JĄDROWEJ?

Według twórców projektu polityki energetycznej uzasadnienie dla podtrzymywania energetyki węglowej – przez realizowaną w ostatnich latach budowę nowych bloków węglowych – i zamiaru budowy elektrowni jądrowych opiera się na założeniu, że zapewniają one niezbędną – z uwagi na przerywalność pracy źródeł solarnych i wiatrowych, stabilność dostaw energii elektrycznej. Założenie to obciążone jest jednak dwiema słabościami.

Pierwsza z nich to uznanie, że nie ma alternatywy dla źródeł węglowych i jądrowych jako koniecznego na obecnym etapie rozwoju energetyki odnawialnej sposobu zapewnienia stabilności dostaw energii elektrycznej. Alternatywą tą są źródła gazowe, które w krajach rozwiniętych traktuje się – w związku z ich niską emisyjnością (o połowę niższą w przypadku węgla kamiennego) – jako główne obecnie rozwiązanie zapewniające przejście do energetyki bezemisyjnej. Przewaga tego rodzaju źródeł wytwarzania polega na po pierwsze, łatwiejszej – dzięki ich większej elastyczności w porównaniu do wielkoskalowej energetyki węglowej i jądrowej – współpracy z niestabilnie pracującymi źródłami OZE, po drugie, braku zagrożenia wystąpienia spirali śmierci, ze względu na niski udział kosztów stałych (kapitałowych), po trzecie, zasadniczej zmianie, jaka dokonała się w zakresie poprawy bezpieczeństwa dostaw gazu na świecie za sprawą rozwoju technologii LNG, a także rewolucji łupkowej w USA. Za energetyką gazową przemawia także dokonujący się w kraju proces dywersyfikacji źródeł importu gazu, który usuwa podstawową dotąd barierę rozwoju energetyki gazowej, jaką była zależność od dostaw gazu z Rosji.

Druga słabość dotyczy pominięcia tego efektu transformacji technologicznej, który dotyczy łagodzenia, a w dłuższej perspektywie czasowej, całkowitej eliminacji problemu przerywalności dostaw ze źródeł OZE. Chodzi tu nie tylko o szybko obecnie rozwijające się technologie magazynowania energii elektrycznej, ale także technologie związane z rozwojem inteligentnej infrastruktury sieciowej i pomiarowej. Umożliwiają one uruchamianie popytowej strony rynku energii elektrycznej oraz rozwój regionalnych, lokalnych, a także mikrorynków energii elektrycznej. Co ważne, rynki te będą charakteryzować się rosnącym stopniem

autonomii, czyli samowystarczalności, a więc zmniejszającym się zapotrzebowaniem na energię z dużych, systemowych źródeł. Jest to więc kolejny argument za energetyką gazową. O takim kierunku rozwoju elektroenergetyki świadczy już rosnąca w niektórych krajach aktywność inwestorów oferujących budowę tego rodzaju – z reguły małych – źródeł właśnie z myślą o zapewnieniu tzw. *back upu* lokalnym rynkom, lub poszczególnym większym odbiorcom uzależnionym w dużym stopniu od energetyki solarnej i wiatrowej (Wojtkowska-Łodej, Szablewski, Motowidlak, 2018).

Jeśli chodzi o rozwój energetyki jądrowej, to warto zwrócić uwagę, że w krajach rozwiniętych jest to rodzaj energetyki, która już od paru dekad jest praktycznie w stanie pełnego zastoju, a tam gdzie jeszcze jest kontynuowana, budowa tych źródeł notuje spektakularne (trzykrotne) przekroczenie nakładów i czasu budowy (Wojtkowska-Łodej, Szablewski, Motowidlak, 2018). W związku z zastojem inwestycyjnym, w krajach, które dysponują rozbudowaną w przeszłości infrastrukturą do budowy energetyki jądrowej, istnieje więc duża chęć do jej wykorzystania za granicą. Stąd też pod adresem krajów, które nadal skłonne są budować elektrownie jądrowe, wysuwane są często atrakcyjne oferty kredytowania kosztów budowy, aby w ten sposób podtrzymać ekonomiczny sens istnienia takiej infrastruktury.

Dobrym przykładem są tutaj Stany Zjednoczone, w których już nie rozwój, ale coraz bardziej masowe zamykanie – i to często na długo przed upływem okresu eksploatacji – elektrowni jądrowych dokonuje się za sprawą energetyki gazowej. Należy zatem bardziej realistycznie i ostrożnie podchodzić do składanych nam ze strony amerykańskiej, ale także innych krajów, zwłaszcza azjatyckich (Japonia, Korea Płd. czy Chiny) ofert pomocy w realizacji programu budowy wielkoskalowych elektrowni jądrowych. Warto tu pamiętać, że niektóre kraje już zakładają, że za 20 do 25 lat przejdą całkowicie na elektroenergetykę odnawialną, bez udziału energetyki jądrowej. Przejście to dokona się więc w czasie, kiedy – uwzględniając w sposób realistyczny czas budowy planowanych obecnie w kraju elektrowni jądrowych – będzie dopiero zaczynać się ich eksploatacja. Oznacza to, że początek ich amortyzacji przypadnie w okresie, kiedy elektroenergetyka zmieni się na tyle, że nie będzie już ekonomicznego sensu dla istnienia tego rodzaju źródeł wytwarzania energii elektrycznej i staną się one od razu aktywami osieroconymi.

UWAGI KOŃCOWE

Cel i tezę tego artykułu należy widzieć w pierwszej kolejności z perspektywy czysto pragmatycznej. Chodziło o uzasadnienie krytycznego stosunku do obecnego kierunku prac nad projektem polityki energetycznej, w ramach którego nie tylko zakłada się podtrzymywanie w długim jeszcze okresie węglowego

segmentu krajowego *mixu* energetycznego, ale co więcej, zapowiada się wejście na drogę budowy energetyki jądrowej. W artykule wykazano, że oba typy wielkoskalowej energetyki, ze względu na strukturę ich kosztów i niski stopień elastyczności będą – w wyniku nieuniknionego za sprawą postępu technologicznego upowszechniania się rozproszonych OZE – narażone na proces degradacji ich ekonomiki, określanej w literaturze przedmiotu jako spirala śmierci. Jej działanie będzie pozbawiać tego rodzaju aktywa zdolności do generowania przychodów w wielkości niezbędnej dla utrzymania ich rentowności i w rezultacie przekształcać je w aktywa osierocone. Alternatywą dla energetyki węglowej i jądrowej staje się obecnie energetyka gazowa, która nie tylko posiada pełną zdolność do współpracy z przerywalnymi źródłami energii, ale także dostosowana jest do już rodzącego się modelu zdecentralizowanej elektroenergetyki.

Warto tutaj także zasygnalizować jeszcze drugą, poznawczą perspektywę. Proces transformacji technologicznej trzeba bowiem widzieć w szerszym kontekście, a mianowicie trwających już od dłuższego czasu procesów odchodzenia sektorów sieciowych od tradycyjnego modelu ich funkcjonowania – opartego na pionowo zintegrowanym monopolu i poddanego w związku z tym ścisłemu nadzorowi regulacyjnemu – w kierunku rozproszonej struktury, na którą składają się różnej wielkości przedsiębiorstwa. Ten kierunek ich ewolucji dokonuje się pod wpływem pojawienia się przełomowych technologii, które osłabiają, a w dłuższej perspektywie powodują zanikanie, monopolu naturalnego, stanowiącego przecież zasadniczą barierę blokującą rozwój mechanizmów samoregulacji rynkowej. W tym sensie sektor elektroenergetyczny wchodzi na tę samą drogę, którą jako pierwszy przetarł sektor telekomunikacyjny.

BIBLIOGRAFIA

- Amelang, S. (2018). Electricity storage is next feat for Germany's energy transition. Pobrane z: <https://www.cleanenergywire.org/dossiers/energy-storage-and-energiewenden> (2018.12.12).
- Black & Veatch (2018). *2018 Strategic Directions: Smart Cities & Utilities Report*. Black & Veatch Holding Company.
- Chojnacki, I. (2019). Spirala śmierci wyzwaniem dla koncernów energetycznych. Pobrane z: https://www.wnp.pl/energetyka/quot-spirala-smierci-quot-wyzwaniem-dla-koncernow-energetycznych,305493_1_0_0.html (2019.05.28).
- Energy storage gets Exponentially Cheaper Too. (2013). Pobrane z: <https://www.google.com/search?client=firefox-b-d&q=Energy+storage+gets+Exponentially+Cheaper+Too> (2019.01.12).
- Forum Energii: ciepłownictwu grozi „spirala śmierci”. (2017). Portal energetykacieplna.pl. Pobrane z: https://www.energetykacieplna.pl/wiadomosci-i-komunikaty/forum-energii-cieplownictwu-w-polsce-grozi-spirala-smierci--134762-10#_ (2018.10.15).
- Germany's green makeover. (2019). *The Economist*, June 15th, 45.

- Gust of change. (2019). *The Economist*, May 7th.
- Helm, D. (2018). *Burn out. The end game for fossil fuels*. New Haven: Yale University Press.
- Hopf, E.W., O'Brien, W., Downs, T., Pim, A. (2017). Mitigating an Energy Death Spiral in the United States: Applying Lessons from Germany. Clark University. Pobrane z: https://commons.clarku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1165&context=idce_masters_papers. (2019.02.16).
- How to lose a half trillion euros. (2013). *The Economist*, October 12th, 22-24.
- It's not easy being green (2016). *The Economist*, August 13th, 41.
- Laws, D.D., Epps, B.P., Peterson, S.O., Laser, M.S., Wanijru, G.K. (2017). On the utility death and the impact of utility rate structure on the adoption of residential solar photovoltaics and energy storage. *Applied Energy*, 185, 627–64. DOI: 10.1016/j.apenergy.2016.10.123
- Niemcy podjęli decyzję – rezygnują z węgla całkowicie w 2038 roku. (2019). Pobrane z: <https://innpoland.pl/149791,niemcy-rezygnuja-z-elektrowni-weglowych-zamkna-je-do-2038>. (2019.12.15).
- Polityka energetyczna Polski do 2040 roku. (2019). Projekt w. 2.1 – 08.11.2019. Warszawa: Ministerstwo Energii. Pobrane z: <https://www.gov.pl/web/aktywa-panstwowe/polityka-energetyczna-polski-do-2040-r-zapraszamy-do-konsultacji1> (2020.01.31).
- Power struggle. (2019). *The Economist*, March 30th, 65.
- Residential Storage Capacity Moves Rapidly beyond Niche Status in US. (2018). *The Electricity Journal*, 31(10), 62. DOI: 10.1016/j.tej.2018.11.013.
- Schulte, R.H., Fletcher, F.C. (2019). 100% Clean Energy: The California Conundrum. *The Electricity Journal*, 32 (2), 31-36. DOI: 10.1016/j.tej.2019.01.010
- Szulc, G.P., Armstrong, R.C. (red.) (2014). *Game Changers. Energy on the move*. California: Hoover Institution Press Stanford University.
- The Economics of Grid Defection. (2014). Rocky Mountain Institute. Pobrane z: https://rmi.org/wp-content/uploads/2017/05/RMI_Document_Repository_Public-Reperts_RMI_GridDefection-4pager_2014-06.pdf. (2019.04.20).
- The Future of Electricity. New Technologies Transforming the Grid Edge. (2017). World Economic Forum. In collaboration with Bain & Company June. Pobrane z: http://www3.weforum.org/docs/WEF_Future_of_Electricity_2017.pdf. (2019.02.25)
- White Paper on the Value of Energy Storage to the Future Power System. (2017). November, The Northwest Power and Conservation Council, Pobrane z: <https://www.nwcouncil.org/sites/default/files/2017-8.pdf> (2019.05.21).
- Wojtkowska-Łodej, G., Szablewski, A.T., Motowidlak, T. (2018). *Wybrane problemy zrównoważonego rozwoju elektroenergetyki*. Warszawa: Dom Wydawniczy Elipsa.

Streszczenie

W artykule poddano krytyce przyjęty w projekcie polskiej polityki energetycznej kierunek rozwoju sektora elektroenergetycznego. Zakłada on nie tylko utrzymanie jeszcze przez długi okres zależności od energetyki na węglu kamiennym i brunatnym, ale także rozwój wielkoskalowej energetyki jądrowej. Punktem wyjścia jest stwierdzenie, że twórcy polityki w niedostatecznym stopniu uwzględniają wyzwania i wynikające z nich zagrożenia dla tych obu rodzajów energetyki, jakie rodzi nabierająca w ostatnich latach coraz szybszego tempa transformacja technologiczna impliku-

jąca szybki rozwój energetyki odnawialnej. Celem artykułu jest uzasadnienie tezy, że po pierwsze, największym zagrożeniem dla energetyki węglowej i jądrowej jest pojawienie się tzw. spirali śmierci, która nada tego rodzaju aktywom status aktywów osieroconych oraz po drugie, w warunkach rosnącego udziału źródeł OZE w krajowym *mixie* energetycznym należałoby postawić na rozwój gazowych źródeł wytwarzania energii elektrycznej traktując ją jako zdecydowanie lepszą alternatywę dla zapewnienia stabilności dostaw energii elektrycznej w okresie dochodzenia do energetyki opartej na źródłach odnawialnych. Uzasadnienie sformułowanej tu tezy oparte zostało na analizie aktualnego stanu wiedzy w zakresie stanu zaawansowania i kierunków technologicznej transformacji sektora elektroenergetycznego, w tym zwłaszcza energetyki solarnej i wiatrowej, technologii magazynowania energii elektrycznej oraz technologii inteligentnych sieci i liczników. W dalszej części poddano analizie problem spirali śmierci jako egzystencjalnego zagrożenia dla ekonomiki energetyki węglowej i jądrowej i na tym tle przedstawiono zalety energetyki gazowej.

Słowa kluczowe: transformacja technologiczna, spirala śmierci, elektroenergetyka odnawialna, aktywa osierocone.

The conventional power sector in the face of the challenge of technological transformation

Summary

The article criticises the direction in which the Polish electrical power sector is to develop, as stated in the draft energy policy. Such a draft policy assumes not only that overwhelming dependence on hard and brown coal for electricity generation should be maintained in the long term, but also that large-scale nuclear power plants should be developed. The starting point of the article is a statement that the authors of this policy do not sufficiently take into account the challenges of, and related threats to, both types of energy generation resulting from progress in technology transformation involving the rapid development of renewable energy. The purpose of the article is to present arguments confirming the following twofold thesis. Firstly, the greatest threat to coal and nuclear power plants is the so-called death spiral, which results in those assets gaining a stranded status. Secondly, against the backdrop of the growing share of renewable energy sources in the national energy mix, there is a need to focus on the development of gas sources for electricity production. The justification of this thesis is based on an analysis of the current levels of knowledge about the progress and direction of the power sector technological transformation, especially in solar and wind electricity generation, electricity storage as well as smart grids and meters. The problem of spiral death as an existential threat for the economics of coal and nuclear power is then analysed, and against this background the advantages of gas source development are presented.

Keywords: technology transformation, death spiral, renewable energy, stranded assets.

JEL: L95, L97.