

POWSZECHNA PLATFORMA TRANSFORMACYJNA ENERGETYKI 2050

www.ppte2050.pl



Redakcja portalu

redaktor naczelny: Jan Popczyk

zastępca redaktora naczelnego: Krzysztof Bodzek

e-mail: redakcja@ppte2050.pl

Serwis internetowy webmaster: Andrzej Piechocki, e-mail: it@ppte2050.pl

Konwersatorium e-mail: konwersatorium@ppte2050.pl

Po przejściu trzech fal elektroprosumeryzm stanie się banałem. Dobrze mieć jednak świadomość, że będzie to komfort pokolenia, które obecnie nie zajmuje się energetyką. Kto zaś doświadczył potęgi energetyki paliw kopalnych (obejmującej także energetykę jądrową) czytając pierwszy artykuł w Biuletynie zada sobie zapewne pytanie, czy aby autor artykułu ma jej świadomość?

Miał i ma. Ale pisząc artykuł nie znalazł, mimo wielkiego napięcia poznawczego, przyczyn, które osłabiłyby potencjalną siłę elektroprosumeryzmu. To dlatego Biuletyn, trzy artykuły, konfrontuje się tu z potęgą energetyki paliw kopalnych.

Światowe roczne zużycie energii pierwotnej (węgiel, ropa, gaz, paliwa jądrowe) to 160 tys. TWh (bez paliw jądrowych – 100 tys. TWh). Całkowita produkcja energii elektrycznej brutto (z produkcją w źródłach OZE) to 25 tys. TWh (w tym w elektrowniach jądrowych 3 tys. TWh). Wartość rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych) to 5 bln USD (światowe GDP – to 110 bln USD).

To jest ten świat, który każdy „koncesjonowany” energetyk musi sobie ułożyć na nowo. W nowym świecie (zamieszkiwanym przez 7 mld ludzi) udział OZE w produkcji energii elektrycznej zbliża się do 30% (7 tys. TWh). Przy tym udział hydroelektrowni wynosi 4 tys. TWh (15% światowej produkcji; jest to poziom po 130 latach, bo od hydroenergetyki rozpoczęła się elektryfikacja świata).

Moc elektrowni wiatrowych (łącznie z morskimi) zainstalowana na świecie osiągnęła ponad 650 GW (ich produkcja roczna wynosi 2 tys. TWh). Moc źródeł PV osiągnęła 600 GW (roczna produkcja to ponad 800 TWh; większość mocy jest zainstalowana w szerokiej strefie równikowej).

Ważna jest naprawdę jednak dynamika. Ostatnio światowy roczny wzrost energetyki wiatrowej to ponad 60 GW, słonecznej ponad 100 GW. Zatem te dwie technologie będą w kolejnych latach corocznie wypychać z rynków 2% energii elektrycznej produkowanej w elektrowniach węglowych, gazowych i jądrowych. Polska, „życziwie” licząc, może się doliczyć 0,8%. To marnie, jak na kraj pretendujący do elity.

Biuletyn PPTE2050 nr 2/2020 ma prowokować Czytelnika do odpowiedzi na trudne pytania. Najważniejsze z nich: jak można najefektywniej i najgodniej rozstać się z potęgą energetyki paliw kopalnych, wykorzystać z niej co możliwe (a jest możliwe i potrzebne wykorzystanie sieci elektroenergetycznych nN-SN-110 kV), uznając jednocześnie potęgę prostoty elektroprosumeryzmu i siłę jego trzech fal. Po stronie elektroprosumeryzmu sprawa jest prosta.

Każdy Obywatel-Prezydent może i musi wziąć odpowiedzialność za siebie. Każdy Prezydent-Innowator musi dostrzec, gdzie jest problem i odnaleźć w jego rozwiązaniu swoją szansę. Kiedy każdy Człowiek zostanie doniesiony przez trzecią falę do nowego świata, to lepiej lub gorzej wyląduje w nim i zadomowi się. To właśnie będzie oznaczało, że elektroprosumeryzm stał się banałem. A świat elektroprosumeryzmu – dzisiaj widziany jako nowy – stanie się starym. Za to z nowymi problemami do rozwiązania. Ale na wyższym poziomie.

Tak działa drabina rozwoju. Ma ona to do siebie, że nie można się na niej zagapić. Zwłaszcza obecnie, bo na szczeblu, na którym świat jest, zrobił się wielki ścisk. I każdemu gapowiczowi – każdemu człowiekowi i nawet 38-milionowemu krajowi – grozi, że zostanie zepchnięty z drabiny.

Jan Popczyk

12 lipca 2020

Wydanie Biuletynu PPTE2050 zostało sfinansowane przez Narodowy Instytut Wolności ze środków Programu Rozwoju Organizacji Obywatelskich na lata 2018-2030, w ramach projektu pt.: „Stowarzyszenie Klaster 3x20 jako think tank w procesie transformacji energetyki i kształtowania polityki energetycznej Polski w systemie bottom-up w horyzoncie 2050”.

Trzy fale elektroprosumeryzmu

Three waves of electroprosumerism

Ekologiczna natura, produkcja fabryczna i skalowalność rozwiązań elektroprosumeryzmu powodują, że bardzo łatwo staje się on przekładalny na stosunki społeczne. Cechy te prowokują do wykorzystania metafory trzech fal do opisu dynamiki rozwoju elektroprosumeryzmu w horyzoncie 2050. Temu jest poświęcony artykuł. Jednocześnie wychodzi on naprzeciw potrzebie tego opisu, czyli potrzebie dobrego zorganizowania poznania elektroprosumeryzmu. W artykule proponuje się kanoniczny zbiór osłon kontrolnych jako podstawowe narzędzie badawcze elektroprosumeryzmu. Wstępne analizy przeprowadzone z wykorzystaniem tego zbioru prowadzą do brzemiennego w skutki praktycznego wyniku, mianowicie pokazują możliwość autonomizacji (przejścia w tryb pracy off-system) rynku energii elektrycznej: na poziomie niskiego napięcia dla ok. 30% mieszkańców Polski (sołectwa z liczbą mieszkańców poniżej 1 tys.), na poziomie średniego napięcia dla ok. 20% (gminy i miasta do 50 tys. mieszkańców) oraz na poziomie 110 kV dla ok. 20% (miasta 50 do 500 tys. mieszkańców). Zaprezentowane wyniki, szokujące, byłyby jeszcze bardziej szokujące gdyby nie efektywność energetyczna elektroprosumeryzmu [1]. Mianowicie, 3-krotnie wyższa względem rynków końcowych (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych) efektywności paliw kopalnych WEK (to w Polsce, ale na świecie ta krotność jest obecnie z dużym prawdopodobieństwem podobna). I dalej, 6-krotnie wyższa względem rynków energii chemicznej energetyki paliw kopalnych WEK (w Polsce, i podobnej na świecie, ale względem rynków energii chemicznej i jądrowej).

Słowa kluczowe: energetyka, transformacja, tryb przełomowy, elektroprosumeryzm

Ecological nature, factory production and solutions scalability of electroprosumerism make it easily applicable to social relations. These features provoke to make use of the three waves metaphor for description of electroprosumerism development dynamics in the horizon of 2050. And this is the subject matter of this article. At the same time it meets the need to make this description i.e. the need to organize properly the understanding of electroprosumerism. Proposed is the canonical set of balance envelopes being used as the basic electroprosumerism research instrument. Initial analyses conducted with the use of this envelopes set lead to the rich in consequences practical result i.e. that they show possibility of autonomisation (transition into operation in off-system mode) of the electric energy market: at the LV level for about 30% of the Polish population (villages with the number of inhabitants less than 1 000), at the MV level for about 20% (municipalities and cities to 50 000 inhabitants) and at the 110 kV level for about 20% (cities with 50-500 000 inhabitants). The presented shocking results would be even more shocking if not the energy efficiency of electroprosumerism [1]. And so, this efficiency is 3-times higher as regards end markets (of electrical energy, heat and transport fuels) of the WEK fossil fuels power industry (this concerns Poland, but in the world this multiplicity is now to a large degree the same). Further on, it is 6-times higher as regards the chemical energy markets of the WEK fossil fuels power industry (in Poland and similarly in the world, but there we talk about the chemical and nuclear energy markets).

Keywords: energy industry, transformation, breakthrough mode, electroprosumerism

Metafora trzech fal elektroprosumeryzmu oddaje – w kontekście transformacji TETIP (transformacja energetyki w trybie innowacji przełomowej) – jego istotę. A polega ona (istota) na tym, że elektroprosumeryzmu – tutaj utożsamianego z jego czterema konkurencyjnymi rynkami (dwoma rynkami wschodzącymi energii elektrycznej i dwoma bezsieciowymi rynkami, urządzeń i usług) – nie zbuduje państwo. Będzie on zbudowany na właściwych sobie rynkach przez uosabiających trzy fale elektroprosumeryzmu (następujące po sobie): prosumentów, pretendentów-innowatorów i pretendenta zbiorowego (spersonifikowany masowy proces społeczny).

Możliwość efektywnego zbudowania przez prosumentów, pretendentów-innowatorów i pretendenta zbiorowego elektroprosumeryzmu wynika z jego (elektroprosumeryzmu) prostoty. I z faktu, że jest on rogiem obfitości. Trzeba jednak uwzględnić, że: prostota tak, ale będzie to prostota osiągalna dopiero po unifikacji zapewniającej skalowalność rozwiązań (jest to zadanie, które powinna wykonać nauka). Róg obfitości tak, ale będzie on dostępny dopiero po nabyciu kompetencji przez tych, którzy będą z niego czerpać (czyli indywidualnych kompetencji konsumentów innowacji rynkowych w wypadku prosumentów, kompetencji innowatorskich niezbędnych w wypadku pretendentów-innowatorów, po kompetencje społeczne w wypadku pretendenta zbiorowego).

Niniejszego artykułu nie można traktować inaczej jak tylko jako kontynuację artykułów [1] i [2] opublikowanych w Biuletynie PPTe2050 nr 1/2020 (*Energetyka* 2020, nr 5) i nr 2/2020 (*Energetyka* 2020, nr 7), odpowiednio. W szczególności hipotezy i propozycji badawcze sformułowane w artykule są kontynuacją opisu elektroprosumeryzmu przedstawionego w [1], mają też silną weryfikację realizowalności w postaci wyników zawartych w artykułach [2] i [3].

Hipotezy i propozycje uwzględniają także w pewnym zakresie sukcesywną współpracę autora z pretendentami-innowatorami, zarówno z sektora MMSP jak i JST (jednostki samorządu terytorialnego) na rzecz inicjowania drugiej fali elektroprosumeryzmu: platforma PPTe2050, [4], [5], [6] (firmy PGB, eGIE, CWES, MAPU; Gmina Żmigród, Klaster ORE, Miasto Stołeczne Warszawa).

Wszystkie pozycje – od [1] do [6] – są dostępne na stronie www.ppte2050.pl. Pozycje [4], [5] i [6] pokazują wielką dynamikę drugiej fali, powiązaną z potencjałem elektroprosumeryzmu. W rozwijającym się procesie spadek aktywności jednych pretendentów-innowatorów (np. Klaster ORE) – spowodowany różnymi przyczynami – jest kompensowany wzmożoną aktywnością innych, szukających swojej szansy (Spotkanie Inauguracyjne „Lokalna Społeczność Energetyczna” – Gmina Żmigród, 15 lipca 2020). Potwierdza to ogólnie platforma PPTe2050 i w szczególności Konwersatorium Inteligentna Energetyka (miedzy innymi dwa czerwcowe Konwersatoria, przedwakacyjne: Wrocławskie i Gliwickie-Bazowe), www.ppte2050.pl.

JAK SKUTECZNIE OPISYWAĆ TRANSFORMACJĘ TETIP2050?

Filary opisu i ranking strategicznych działań

Trudność polega na tym, że nie da się dokonać transformacji energetyki stosując do tego celu opis (język, metody, ...) właściwy dla wielkoskalowej energetyki korporacyjnej WEK (paliw kopalnych), wypracowany przez 300 lat (od początków górnictwa węglowego), skoncentrowany całkowicie na stronie podażowej.

Podkreśla się tu, że w języku energetyki WEK, zwłaszcza elektroenergetyki, strona popytowa istnieje tylko w postaci prognoz w analizach rozwojowych jako podstawa decyzji inwestycyjnych w (bardzo) długoterminowych horyzontach, wykonywanych nie przez kogo innego, jak tylko przez samą energetykę, a ukierunkowanych zawsze na dynamiczny wzrost inwestycji.

Dlatego nie da się wykorzystać tego opisu, bo jest to opis umożliwiający (co najwyżej) podejmowanie prób złagodzenia nieefektywności rozwoju energetyki WEK na drodze wykorzystania przez podmioty zasiedziały na rynkach energetycznych innowacji przyrostowych; radykalna przebudowa samych rynków (budowa całkowicie nowych rynków) jest natomiast niemożliwa. Radykalną przebudowę rynków przez pretendenta (przebudowę do rynków elektroprosumeryzmu) umożliwiającą innowacje przełomowe, ale tych podmioty zasiedziały nie są w stanie (z wielu powodów) zastosować. Mogą je zastosować pretendenci (muszą, jeśli te innowacje mają być zastosowane).

Ostatnie dwadzieścia lat blokowania w Polsce – z poziomu makroekonomicznego (czyli z poziomu polityki energetycznej) – rzeczywistej transformacji energetyki jest empirycznym potwierdzeniem hipotezy o niezdolności podmiotów zasiedziały do realizacji transformacji TETIP. Efekt blokowania, to zapaść górnictwa i elektroenergetyki. Wejście ciepłownictwa w ostrą fazę kryzysu. Gazownictwa z kolei w fazę niezdolności wycofania się z wielkich inwestycji, które natychmiast po realizacji (zapowiedzi w sprawie terminu przekazania Baltic Pipe do eksploatacji, 2022) obciążone będą ryzykiem ogromnych kosztów osieroconych.

Niewątpliwie tym, co jest niezwykle groźne, bo cofa Polskę o trzydzieści lat (wewnątrz do czasów socjalizmu, a w świecie do wielkich fuzji) jest wejście sektora paliw płynnych w fazę niezdolności wycofania się z trendu konsolidacyjnego. Chodzi tu o przejęcie przez *PKN Orlen* w odstępie trzech miesięcy (kwiecień-lipiec 2020) dwóch strategicznych grup energetycznych, mianowicie *Energi* i *Lotosu* (w wypadku *Lotosu* przejęcie zostało dokonane na warunkach Komisji Europejskiej, zobowiązującej *Orlen* do sprzedaży części aktywów *Lotosu*). Obydwa te przejęcia przyniosą w kolejnych miesiącach wielkie bezpośrednie koszty i straty (na pewno nie mniejsze niż kilkanaście mld PLN), na przykład takie, jak te związane z rozpadem *Grupy Lotos*, czyli z przejęciem kapitałowym części rafinerii i przejęciem części stacji benzynowych przez konkurencję. Ale te wielkie bezpośrednie koszty i straty mają mniejsze znaczenie w porównaniu z ich skutkiem polegającym na przyspieszeniu procesu wyprowadzania Polski z nurtu zachodzących zmian cywilizacyjnych, w którym jest realizowana transformacja TETIP.

Sytuację pogarszają programy budowy energetyki jądrowej obecne w programach politycznych od 2005 roku, a w polityce energetycznej państwa od 2010 roku. Wprawdzie programy te nigdy nie zostaną zrealizowane. Dlatego kosztów osieroconych po zrealizowanych inwestycjach nie będzie. Ale są już koszty, przekraczające zapewne ponad 1 mld PLN, poniesione na prace „rozwojowe”, które poza chaosem niczego nie dają (niczego pozytywnego).

W 2020 roku sytuację dodatkowo pogarsza jeszcze polityka państwa (stosowany w niej język nieodpowiedzialności) na rzecz grup interesów w obszarze energetyki jądrowej. W tym wypadku – zaangażowania we współpracę na platformie technologii amerykańskich – chodzi o panoszący się język niekompetencji, bo znowu: inwestycje we współczesne

technologie jądrowe (energetykę jądrową) obecnej generacji nigdy nie zostaną zrealizowane (znowu nie będzie kosztów osieroconych, ale będą niestety koszty bezpośrednie). Pod tym względem nie jest wcale lepiej (a pod wieloma względami jest gorzej) niż to, czego Polska doświadczyła od czasu decyzji rządowej o rozpoczęciu studiów lokalizacyjnych dla pierwszej (miały być kolejne) elektrowni jądrowej w 1965 roku.

A od tego czasu był projekt Żarnowiec (decyzja budowie – 1972, rozpoczęcie budowy – 1982, decyzja o przerwaniu budowy – 1992), utracone nakłady na niezrealizowaną budowę to ponad 1 mld USD (przy kursie dolara od początku 1990 do maja 1991 wynoszącym 9,5 tys. „starych” złotych, co rzuca światło na to, z jaką ekonomią mieliśmy do czynienia, i ciągle w dużym stopniu jeszcze mamy, w wypadku energetyki jądrowej). Drugim projektem był rządowy program (2006) udziału Polski w budowie elektrowni jądrowej Ignalina – program nigdy nie wszedł w realną fazę realizacji, koszty są nieznanne. Trzecim był i formalnie jest – w polityce energetycznej PEP 2030 i w projekcie polityki PEP 2040 – rządowy program jądrowy z 2009 roku (nakłady inwestycyjne co najmniej 250 mld PLN) kontynuowany przez wszystkie kolejne rządy – straty wynoszące już co najmniej 1 mld PLN).

Poświęcenie tu wyjątkowej uwagi energetyce jądrowej jest związane ze znaczeniem metafory trzech fal elektroprosumeryzmu. Nie da się już przewyżnić absurdu polityki energetycznej uprawianej przez rozrastające się coraz bardziej bezwzględne oraz amoralne grupy interesów politycznych i wyzwolić jej (polityki energetycznej) ofiary – syndrom sztokholmski – inaczej jak tylko za pomocą odzyskania przez społeczeństwo wolności, oczywiście nie inaczej jak poprzez przejęcie odpowiedzialności i wzrost własnych, społecznych kompetencji. Pierwsza fala, prosumencka, jest w Polsce w dużym stopniu wynikiem zaangażowania sektora NGO w politykę klimatyczną i postępu technologicznego na świecie wywołanego polityką klimatyczną, w tym polityką klimatyczno-energetyczną UE. (Podkreśla się, że jest to fala, która z punktu widzenia etycznego, potrzeby wzrostu odpowiedzialności oddolnej za transformację TETIP, absolutnie nie ma jednoznacznej pozytywnej odpowiedzi; potrzeba podwyższania oddolnej odpowiedzialności przegrywa na razie z agresywnymi i coraz bardziej zagmatwanymi, politycznymi systemami wsparcia).

Druga fala będzie wynikiem aktywności sektora MMSP, który musi szukać swoich szans przejścia w drugą generację funkcjonowania (reforma ustrojowa państwa w 1989 roku stworzyła szansę na ukształtowanie się pierwszej generacji tego sektora, standardy biznesowe tej generacji przestają być jednak już wystarczające we współczesnym świecie). Trzecia fala będzie oznaczać zmiany społeczne, do których polscy politycy się dostosują (bo będą musieli, ale będzie to również naturalne dostosowanie, bo przecież politycy pochodzą ze społeczeństwa i są jego częścią).

Pięć filarów opisu transformacji

Opis transformacji TETIP w artykule jest rozwinięciem porządkującym (w tym poprzez uzupełnienia) opis stosowany na platformie PPE2050. Rozwinięciem jest w szczególności wprowadzenie do opisu w wyraźny sposób pięciu filarów transformacji TETIP (z syntetycznym opisem każdego).

Filary te na obecnym etapie bardzo silnie stabilizują (w sferze koncepcji) hipotezę o praktycznej realizowalności TETIP za pomocą rynków elektroprosumeryzmu. Zbiór filarów trzeba przy tym rozpatrywać w powiązaniu ze zbiorem kanonicznych osłon kontrolnych elektroprosumeryzmu. To one, prawidłowo ukształtowane, są (mogą być) podstawą organizacji poznania elektroprosumeryzmu. Ale także podstawą organizacji jego praktyki. Dlatego zbiór kanonicznych osłon kontrolnych elektroprosumeryzmu stanowi, bezpośrednio i pośrednio, główne zagadnienie będące przedmiotem artykułu.

Pięcioma filarami, które zdecydują o praktycznej realizacji transformacji do elektroprosumeryzmu (chodzi tu w gruncie rzeczy tylko o horyzont czasowy i efektywność tej realizacji, bo nieuchronność elektroprosumeryzmu była przedmiotem hipotez artykułu [1]) są wymienione poniżej.

1. Pierwszym filarem jest koncentracja opisu na rynku wschodzącym energii elektrycznej 1 (ryнку RCR – czasu rzeczywistego), jako konkurującym z rynkiem schodzącym WEK. Stąd pośrednio wynika wiele ważnych skutków metodycznych i praktycznych. W szczególności ten, że to rynek wschodzący energii elektrycznej 1 jest innowacją przełomową i jądrem transformacji TETIP. W tym sensie, że jeśli ten rynek zacznie działać jako w pełni konkurencyjny, to pozostałe rynki transformacji trzeba tylko chronić przed mechanizmami blokowania konkurencji.
2. Drugim filarem są heurystyki elektroprosumeryzmu bazujące na koncepcie teoretycznym monizmu elektrycznego. Chodzi głównie o heurystyki bilansowe (energii) stanu B(2050) oraz kosztowe trajektorii transformacyjnej A(2020)→B(2050), czyli od stanu rzeczywistego do stanu o bardzo dużej (wielowymiarowej) nieokreśloności. Ten filar, o dużym znaczeniu metodycznym, ma podstawy teoretyczne w triplecie paradygmatycznym monizmu elektrycznego. Jego praktyczny wymiar wiąże się z tym, że ulepszanie heurystyk, mające charakter ciągły, będzie podstawą budowania (też w trybie ciągłym) środowiska rynkowego, przede wszystkim regulacji prawnych elektroprosumeryzmu, w tym zasady współużytkowania zasobów KSE (zasady TPA+), i najważniejszej z nich, mianowicie *Prawa elektrycznego*.
3. Trzecim filarem jest restrukturyzacja systemu KSE w części dotyczącej segmentu operatorskiego OSD, zapewniająca realizację zasady współużytkowania zasobów regulacyjno-bilansujących KSE przez wszystkie trzy rynki energii elektrycznej: wschodzące 1 i 2 oraz schodzący WEK. Restrukturyzacja ta musi zapewnić niezależność modeli biznesowych każdej z trzech sieci segmentu operatorskiego OSD, mianowicie sieci: nN, SN i 110 kV. Jest to niezbędne do projektowania mechanizmów rynku konkurencyjnego na osłonach kontrolnych rynku wschodzącego 1; z tego punktu widzenia bardzo ważne jest, że w elektroprosumeryzmie funkcje regulacyjno-bilansujące, zwłaszcza bilansujące, będą w tendencji alokowane w obszar poszczególnych sieci, a nie całego KSE jak to jest obecnie. Zatem odrębne zarządzanie sieciami nN, SN, 110 kV jest warunkiem zapewnienia koherentności zbioru kanonicz-

nych osłon kontrolnych elektroprosumeryzmu (tab. 2) z punktu widzenia realizacji zasady współużytkowania zasobów KSE. Podkreśla się, że net metering dynamiczny, jako jeden z dwóch (potencjalnych) podstawowych sposobów opłat za współużytkowanie zasobów obejmuje jedno i drugie zasoby (regulacyjno-bilansujące i sieciowe), jakkolwiek z natury jest bardziej właściwy dla pierwszych z nich. Roaming elektryczny jest z natury bliższy zasobom sieciowym, ale nie ma istotnych przeszkód, aby był skalibrowany w sposób uwzględniający również zasoby regulacyjno-bilansujące.

4. Czwartym filarem są istniejące (i skomercjalizowane już) technologie wytwórcze tworzące zbiór kanoniczny źródeł wytwórczych elektroprosumeryzmu (tab. 6). Źródła wytwórcze tworzące zbiór kanoniczny są zintegrowane „miętko” w osłonach rzeczywistych (węzły sieciowe, sieci spójne topologicznie) i wirtualnych (sieci topologicznie niespójne) z odbiornikami (odbiorami, instalacjami przemysłowymi) za pomocą inteligentnej infrastruktury, ale także „twardo”, w ramach jednego systemu technologicznego (przejścia na wyższy poziom integracji technologicznej, mianowicie fabrycznie produkowanych systemów wielozadaniowych). W tym ujęciu wszelkie zasobniki (akumulatory elektryczne i inne zasobniki), układy gwarantowanego zasilania UGZ, sposoby użytkowania energii elektrycznej nie są traktowane w osłonach kontrolnych rynku wschodzącego 1 energii elektrycznej odrębnie, są natomiast traktowane jako składowe układy o wyższym poziomie integracji. W takim kontekście zbiór kanoniczny źródeł wytwórczych, wykorzystywany w artykule, umożliwia transformację do elektroprosumeryzmu co najmniej w tendencji – jeśli tylko dopuszcza się rozwój technologii pozwalających wykorzystać potencjał teoretyczny unifikacji zasad elektromagnetyzmu i termodynamiki makroskopowej (paradygmat egzergetyczny). Zastosowany termin „w tendencji” oznacza, że nie chodzi o doktrynalne wypełnienie rzeczywistości tylko elektroprosumeryzmem. Że mogą funkcjonować specjalne obszary, na których rozwiązania są ciągle sprawą otwartą (por. p. 5). Przede wszystkim jednak oznacza otwarcie elektroprosumeryzmu (jako innowacji przełomowej) na masowe innowacje przyrostowe (pobudzone/wyzwolone przez „wielką” innowację przełomową). Masowe innowacje przyrostowe ze swojej natury będą kształtować „gładką” trajektorię TETIP (trajektorię w tendencji, w perspektywie procesowej).
5. Piątym filarem, który traktuje się odrębnie (względem filaru czwartego), są technologie energetyczne (obejmujące odbiory mobilne i infrastrukturę krytyczną) dla potrzeb transportu oraz wielkoskalowych procesów technologicznych w hutnictwie i w przemyśle chemicznym, a także w przemyśle 4.0. Ten filar jest w gruncie rzeczy jedynym filarem wymagającym badań podstawowych i rozwojowych (w tym przede wszystkim ukie-
runkowanych na obszar technologii wodorowych). Pozostałe filary (od 1 do 4) wymagają co najwyżej badań wdrożeniowych. Oczywiście, na całej trajektorii TETIP (w jej wymiarze czasowym 2020-2050) mogą pojawić się nowi pretendenci z nowymi przełomowymi innowacjami, które obecnie nie są jeszcze znane (dostrzegane), wtedy hipoteza gładkiej trajektorii TETIP będzie musiała zostać poddana rewizji.

Jaka kolejność działań jest potrzebna w świetle unifikacji proefektywnościowej?

Kolejność tę prezentuje się tu w celach edukacyjnych, bo fundamentalnie jest ona przesądzona przez paradygmat egzergetyczny, a praktycznie (w kontekście polityki klimatyczno-energetycznej) przez potencjał ekonomicznej redukcji emisji CO₂ (za pomocą mechanizmów konkurencji) na wszystkich trzech rynkach końcowych energii (energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych), dla których (z powodu których) istnieje energetyka paliw kopalnych (WEK). I to redukcji w zakresie obejmującym popyt (zmniejszenie rynków) jak i podaży (produkcję wszystkich źródeł wytwórczych energii elektrycznej i ciepła oraz produkcję paliw transportowych). W tym kontekście ważne jest, że chociaż rynek wschodzący energii elektrycznej 1 jest innowacją przełomową i jądrem transformacji TETIP, to w świetle unifikacji proefektywnościowej jest on ostatni w rankingu strategicznych działań składających się na transformację energetyki WEK paliw kopalnych w elektroprosumeryzm OZE (można mówić o rankingu „odwróconym”). Mianowicie jest to w perspektywie makroekonomicznej następujący ranking.

1. Pierwsza w rankingu praktycznych działań jest pasytywizacja budynków (zasobów mieszkaniowych); najwyższy ranking tego działania wynika z potencjału około 5-krotnej obniżki zapotrzebowania na rocznym rynku końcowym ciepła grzewczego szacowanym na około 160 TWh (obydwie liczby są podane w wielkim przybliżeniu).
2. Elektryfikacja ciepłownictwa, łączona tu symbolicznie z pompą ciepła, jest druga w rankingu; zapewnia pokrycie zapotrzebowania na ciepło grzewcze i na produkcję ciepłej wody użytkowej za pomocą 3-krotnie (w wielkim przybliżeniu) mniejszej ilości energii elektrycznej (którą trzeba wytworzyć w źródłach OZE) napędzającej pompę ciepła – względem ciepła, które trzeba wytworzyć z paliw kopalnych (węgla, gazu, oleju opałowego) w tradycyjnych indywidualnych źródłach ciepła (często jeszcze o bardzo niskiej sprawności) i w nieefektywnych sieciowych systemach ciepłowniczych scentralizowanych do absurdu według standardów gospodarki socjalistycznej (system warszawski jest drugim w Europie, po moskiewskim).
3. Elektryfikacja transportu, symbolicznie łączona z samochodem elektrycznym, jest trzecia; zapewnia ona 3-krotnie (w wielkim przybliżeniu) zmniejszenie zapotrzebowania na energię elektryczną (którą trzeba wytworzyć w źródłach OZE) potrzebną do napędu samochodu elektrycznego w porównaniu z energią chemiczną w paliwie potrzebnym do napędu tradycyjnego samochodu, z silnikiem spalinowym (jest to oszacowanie wykorzystujące bezpośrednio fakt 3-krotnie (też w przybliżeniu) wyższej sprawności samochodu elektrycznego w porównaniu ze sprawnością samochodu z silnikiem spalinowym).
4. Reelektryfikacja OZE jest w rankingu ostatnia. Przy tym chodzi o reelektryfikację skoordynowaną (sprzężoną) z trzema pierwszymi działaniami. To wymaganie rodzi nieoczekiwane konsekwencje bardzo brzemienne w skutki.

* * *

Są to skutki, w wypadku Polski, o wyjątkowym znaczeniu, związane z brakiem unifikacji perspektywy makroekonomicznej i mikroekonomicznej w rządowej polityce energetycznej. Mianowicie, w tej drugiej perspektywie jest zrozumiałe, że żaden budynek (przede wszystkim dom jednorodzinny) nie powinien być wyposażony zbyt „szybko” w przewymiarowane źródło PV i w przewymiarowaną pompę ciepła, przed wyczerpaniem potencjału jego pasytywizacji. Obecnie dzieje się to jednak systemowo (zgodnie ze stosowanymi przez państwo mechanizmami wsparcia).

Nie ulega wątpliwości, że bardzo niska efektywność ciepła w budynkach w Polsce powinna w polityce energetycznej mieć „status” społeczny taki sam jak energetyka węglowa. Czyli tak jak nie ma już społecznego przyzwolenia na korporacyjną elektroenergetykę węglową (a przynajmniej szybko ono wygasa), tak nie może być społecznego przyzwolenia dla odbiorców na rynkach końcowych ciepła niepodlegających działaniom na rzecz obniżenia własnej „ciepłochłonności” (energochłonności budynku). Nie może być również społecznego przyzwolenia na systemy wsparcia dla źródeł OZE (w tym PV), które naruszają fundamenty racjonalności działań; w wypadku źródła budynkowego dlatego, że nie zapewniają wcześniejszej pasytywizacji budynku.

Tu pojawia się główna uwaga. Odbiorca energii – właściciel domu jednorodzinny – instalujący źródło PV pod wpływem systemu rządowego wsparcia, niezmnijający nadmiernego zapotrzebowania budynku na ciepło, ogrzewający ten dom przestarzałym kotłem węglowym o niskiej sprawności cieplnej, nie jest prosumentem, wdraża się natomiast w „narkobiznes” polegający na rezygnacji ze swojej wolności i wejściu w proces uzależnienia się od rządowego wsparcia (rozdawnictwa).

Biegunowo różnie wygląda sprawa z pompą ciepłą. Jest to technologia, która od lat rozwija się stabilnie, z rosnącą dynamiką, tylko pod wpływem rynku, bez politycznego wsparcia. Inwestorzy, którzy ją wybierają, instalują ją w domach o standardzie cieplnym niewiele odbiegającym od pasywnego. Ci inwestorzy (inwestujący we własne domy, a nie przeznaczone na rynek) są prezydentami.

Kolejność działań, potrzebna w świetle unifikacji proefektywnościowej, powinna oczywiście gwarantować, aby – generalnie – w ostonach kontrolnych rynku wschodzącego 1 reelektryfikacja OZE (ostatnia w rankingu) nie spóźniała się (w skali KSE) względem elektryfikacji ciepłownictwa i transportu. Czyli, aby zapewniała, że produkcji energii elektrycznej w źródłach OZE wystarczy, aby każda pompa ciepła i każdy samochód elektryczny w Polsce były zasilane (w wirtualnym rozliczeniu bilansowym) energią elektryczną ze źródeł OZE (aby Polska nie była krajem pomp ciepła i samochodów elektrycznych na „węgiel” – na energię elektryczną produkowaną w elektrowniach węglowych).

Oczywiście, ta generalna zasada, przełożona na praktykę kształtowaną przez mechanizmy rynku wschodzącego 1 (ryнку RCR), musi zostać zmodyfikowana. W tym kontekście podkreśla się: niebezpieczeństwo, że Polska będzie krajem pomp ciepła i samochodów elektrycznych na węgiel długo jeszcze nie wystąpi (nie dlatego, że w zakresie reelektryfikacji OZE jest tak dobrze, a dlatego że w zakresie elektryfikacji ciepłownictwa i transportu jest tak źle). Jeśli jednak zmieni się perspektywę z krajowej (KSE) na perspektywę osłony kontrolnej systemu (WSE) na rynku

wschodzącym 1, to trzeba uwzględnić, że wszystkie działania przedstawione w rankingu działań są ze sobą powiązane, niektóre bardzo silnie.

Dlatego w każdej osłonie kontrolnej systemu(WSE) trzeba je grupować zgodnie z logiką rynkową, która jest spójna z ogólną zasadą, mianowicie: żaden system(WSE) nie może tolerować w swojej strategii rozwojowej energochłonnych budynków, a dalej nie może dopuścić do pojawienia się w swojej osłonie kontrolnej pomp ciepła i samochodów elektrycznych na węgiel, wreszcie nie może kupować energii elektrycznej z rynku schodzącego WEK, jeśli jest ona droższa od energii elektrycznej możliwej do wytworzenia w ramach reelektryfikacji OZE.

Niestety, ta ogólna zasada nie będzie działać w dzungli systemów wsparcia i opłat „doklepanych” obecnie do opłaty sieciowej przenoszącej koszty wszystkich sieci KSE, i inne koszty całego sektora elektroenergetycznego, których na rynku nie da się pokryć. Nie będzie działać w gmatwaniu coraz bardziej nieprzejrzystego prawa energetycznego, i niewydolnego systemu regulacji. Czyli wszystkich tych rozwiązań, które zdegenerowały się do całkowicie „niekompatybilnych” z istniejącym już poziomem technologicznym i potencjałem innowacyjności (technologicznej i biznesowej). A istnieje jeszcze drugi wielki powód, który będzie ograniczał działanie ogólnej zasady. Jest nim istniejący system podatkowy i sposób jego stosowania w elektroenergetyce, zwłaszcza w obszarze obejmującym dwa segmenty ściśle ze sobą powiązane (przenikające się, nie spełniające warunku rozdzielności): prosumencki i systemów(WSE). Czyli segmenty stanowiące jądro rynku wschodzącego energii elektrycznej 1 (ryunku RCR).

Szokowe usunięcie tych dwóch powodów w skali całego obecnego rynku końcowego energii elektrycznej (i całego KSE) jest niemożliwe, bo zdestabilizowałoby istniejące łańcuchy dostaw energii elektrycznej do odbiorców, ale również dlatego, że powszechne kompetencje potrzebne do stosowania ogólnej zasady jeszcze nie istnieją (w ostatnich latach zostały nawet w ramach polityki centralizacji państwa bardzo mocno zredukowane). Istnieją natomiast już kompetencje elitarne (krańcowe), które umożliwiają pobudzenie transformacji TETIP w przestrzeni produkcyjności krańcowej, której nośnikiem (tej produkcyjności krańcowej) są systemy(WSE), tu występujące w ujęciu podmiotowym. „Przeniesienie” systemu(WSE) do sandboxu (rozwiązania demonstracyjnego funkcjonującego w „żywym” organizmie systemu KSE) podlegającego urzędowi URS (Urząd Regulacji Sandboxów), a nie urzędowi URE, jest rozwiązaniem bardzo potrzebnym i możliwym do szybkiego zrealizowania.

Odpowiedzialność prosumenta – pierwsza fala elektroprosumeryzmu

Prosument nie jest pretendentem, jego motywacją nie jest tworzenie nowych rynków, jest nią poprawa własnej sytuacji – działa w swojej prosumenckiej osłonie, decyduje o swoich potrzebach energetycznych i o swoim udziale w ich zaspokajaniu (na przykład poprzez pasywyzację budynku, instalację pompy ciepła, zakup samochodu elektrycznego, zainstalowanie źródła PV na dachu swojego domu). I bardzo ważne, działa respektując zasady etyczne, których już nie ma (zabrakło) w polityce energetycznej. Prosument szeroko rozumiany, w żadnym wypadku nie

zredukowany do właściciela domu jednorodzinnego, bierze na siebie odpowiedzialność za skutki swoich działań na rzecz zielonego ładu, bo rozumie ich racjonalność i ich potrzebę, nawet wówczas, gdy rząd tego nie rozumie. Jest to odpowiedzialność wspólna dla wszystkich prosumentów: na przykład dla samorządu realizującego zadania własne, prosumenta przemysłowego produkującego towary na rynek, ale energię elektryczną wyłącznie na własne potrzeby.

W tym miejscu widoczna staje się potrzeba doprecyzowania definicji prosumenta energetycznego. Jednak od razu rodzi się pytanie, w której przestrzeni pojęciowej? Inaczej doprecyzowanie musi wyglądać w przestrzeni pojęciowej energetyki WEK, w której prosumenta trzeba definiować przez pryzmat wszystkich rynków końcowych: energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych (prosument energetyczny). W przestrzeni pojęciowej elektroprosumeryzmu, tej która będzie jedyną rzeczywistością po zrealizowaniu transformacji TETIP, pojęcie prosumenta trzeba będzie doprecyzowywać przez pryzmat czterech rynków elektroprosumeryzmu (oczywiście, zmienić też nazwę: prosument na elektroprosument).

Metafora fali pozwala lepiej zrozumieć, że każda zawężająca definicja prosumenta jest już skazana na niepowodzenie. Nawet tak rozszerzająca definicja prosumenta jak ta, że „jest to podmiot prawny mający potrzeby energetyczne (w obecnym sensie), rozszerzający w istotny sposób zakres ich zaspokajania przez samego siebie” jest na obecnym etapie ryzykowna, a właściwie nie do przyjęcia. Następujące już przenikanie się osłon kontrolnych prosumenckich i systemów(WSE) wyraźnie pokazuje potrzebę ich unifikacji podatkowej. Dlatego trzeba koncentrować się na definicji wykluczającej. Na początku trzeba wskazać w definicji prawnej tych spośród odbiorców energii elektrycznej, którzy nie są prosumentami (i których mogą dotyczyć ograniczenia w korzystaniu z zasady współużytkowania zasobów KSE). Podkreśla się jednak, że definicja wykluczająca musiałaby jednak mieć charakter przejściowy.

Pierwsza fala, prosumencka już niesie Kowalskiego (chodzi o tego, który buduje nowy dom o standardzie cieplnym zbliżonym do standardu domu pasywnego, wyposaża go w pompę ciepła i w źródła PV). Na tę falę wspinają się już: samorządy (w obszarze realizacji zadań własnych), przedsiębiorcy (z sektora MMS), spółdzielnie mieszkaniowe (w obszarze zadań wspólnych) i wiele innych grup odbiorców energii elektrycznej. I staje się już jasne, że wkład prosumenta w transformację TETIP polega na tym, że podejmuje on indywidualny trud uwalniania się od błędów poznawczych energetyki paliw kopalnych (WEK), czyli wyzwolenia się ze zniekształcającego aparatu percepcyjnego i przyzwyczajenia (wręcz wrodzonych przesądów).

Odpowiedzialność pretendenta-innowatora – druga fala elektroprosumeryzmu

Pretendent-innowator jest w całkowicie odmiennej sytuacji, w porównaniu z sytuacją prosumenta. Pretendent-innowator musi wytworzyć innowacje na otwarty rynek, aby następnie prosument mógł je wdrożyć w swojej osłonie prosumenckiej. Więcej, muszą to być innowacje służące transformacji TETIP. W tym miejscu w opisie konieczne jest rozróżnienie pretendenta-innowatora globalnego i lokalnego, polskiego.

W pierwszym wymiarze technologicznymi innowatorami-pretendentami byli: *VESTAS* – energetyka wiatrowa lądowa, *Tesla* – transport elektryczny, Chiny – panele PV, *Siemens* – energetyka wiatrowa morska. Politycznym globalnym pretendentem-innowatorem w kończącej się dekadzie była natomiast Unia Europejska z Pakietem 3x20; w nadchodzącej dekadzie będzie to Zielony Ład. W globalnym wymiarze technologicznym (panele PV, elektrownie wiatrowe lądowe, elektrownie wiatrowe morskie) Polska nie ma i nigdy już nie będzie miała szans na robienie czegokolwiek oprócz kupowania. W globalnym wymiarze politycznym Polska nie ma i nigdy już nie będzie miała szans poza UE.

W tym miejscu jest niezwykle ważne spostrzeżenie, że na obecnym etapie rozwojowym globalnymi pretendentami-innowatorami są (i dalej mogą być) wybitne jednostki (*Tesla*, to *Elon Musk* – człowiek, ale podkreśla się: funkcjonujący w środowisku ciągle jeszcze pierwszej potęgi świata). Globalnymi pretendentami-innowatorami są (i dalej mogą być) przedsiębiorstwa (*VESTAS* w małym kraju, *Siemens* w trzeciej potędze gospodarczej świata). Są to również kraje (Chiny, realizujące politykę otwarcia na globalny świat). Wreszcie są to ugrupowania regionalne (UE, walcząca o pozostanie cywilizacji europejskiej w globalnej grze).

Polscy pretendenci-innowatorzy walczący o nowe rynki elektroprosumeryzmu mogą natomiast jeszcze walczyć o zbudowanie rynku wschodzącego energii elektrycznej 1 (rynek RCR). Kompetencje polskich pretendentów-innowatorów w tym zakresie mogłyby jeszcze odegrać pozytywną rolę w budowaniu Lokalnych Społeczności Energetycznych w ramach całego unijnego Zielonego Ładu.

Podsumowując, technologiczni wielcy pretendenci-innowatorzy (*VESTAS*, *Tesla*, Chiny, *Siemens*) wyznaczyli już na dziesięciolecie fundamentalną bazę technologiczną elektroprosumeryzmu. Uwarunkowania dla powstania drugiej fali elektroprosumeryzmu w Polsce są zatem następujące. Przyszedł czas na miliony (na świecie) pretendentów-innowatorów, którzy zaspokoją się „małymi” innowacjami, składającymi się na lokalne (segmentowe) innowacje przełomowe. Na przykład μ EB („mikrobiogazownia”) on-off grid o mocy jednostkowej od 20 do 50 kW [3] ma siłę umożliwiającą potencjalnie stworzenie dziesiątków tysięcy systemów(WSE) na obszarach wiejskich, i tym samym przejście w następnym kroku od podmiotów zasiedziały na obecnym rynku końcowym energii elektrycznej dużej części, nie mniejszej niż 5%, rynku krajowego. Przejęcia oznaczającego docelowo autonomizację (na poziomie sieci nN) Lokalnych Społeczności Energetycznych względem KSE.

Druga fala – pretendenta-innowatora, dopiero wzbierająca – ma w Polsce siłę, aby donieść tam w horyzoncie 2040 stutysięczne miasto, z otaczającym je powiatem, też stutysięcznym. Bez wątplenia już widać, że koncepcja systemu(WSE) może się stać w Polsce głównym źródłem pobudzającym drugą falę elektroprosumeryzmu. Dlatego, bo systemy(WSE) wytworzą wielki popyt na inteligentną infrastrukturę – terminale(STD), platformy rozliczeniowe OIRE(WSE) oraz systemy SCADA(WSE) – potrzebne operatorom(WSE), wysyconą w energoelektronikę i technologie teleinformatyczne. Jest to obszar, w którym Polska ma ciągle jeszcze wysokie kompetencje i może je wykorzystać do częściowego odzyskania utraconych dotychczas szans w transformacji TETIP.

Oczywiście, o ile wkład prosumenta w transformację TETIP (odpowiedzialność za tę transformację) polega na indywidualnym pokonywaniu błędów poznawczych energetyki paliw kopalnych (WEK), to wkład (odpowiedzialność pretendenta-innowatora jest o stopień wyższa), polega na tworzeniu środowiska technologicznego i biznesowego sprzyjającego uwalnianiu się od tych błędów (pokonywaniu tych błędów przez prosumentów).

Odpowiedzialność pretendenta zbiorowego – trzecia fala elektroprosumeryzmu

Trzecia fala w postaci pretendenta zbiorowego – najważniejsza – powstanie, jeśli skumulowane zostaną doświadczenia fal pierwszej i drugiej. Uwzględniając historię Polski nie jest to wcale pewne. Bo też zadanie będzie bardzo trudne. Mianowicie, kompetencje pretendenta zbiorowego, społeczne, są biegunowo różne od indywidualnych mikroekonomicznych kompetencji dominujących w wypadku pretendenta i przeważających w wypadku pretendenta-innowatora; ten ostatni działając w obszarze systemów(WSE) nie wdroży, z natury rzeczy, swoich innowacji technicznych i biznesowych bez wysiłku na rzecz rozwoju kompetencji społecznych w systemie(WSE), znowu jednak tylko w wymiarze mikroekonomicznym.

Trzecia fala, jeśli nastąpi, wystarczy, aby w horyzoncie 2050 uwolnić od paliw kopalnych Warszawę i cały kraj. Wtedy elektroprosumeryzm stanie się podręcznikowym banałem. Ale z drugiej strony stanie się przestrzenią, w której działają jego paradygmaty. W tym miejscu zasadne jest zauważenie, że termodynamiczny paradygmat egzergetyczny jest inaczej paradygmatem antyentropijnym, Czyli też najbardziej etycznym.

Jeśli trzecia fala zaistnieje, pretendent zbiorowy się ukształtuje, to znaczenia elektroprosumeryzmu nie będzie można redukować tylko do wymiaru transformacji energetyki, jeśli nawet będzie to transformacja TETIP, czyli do wymiaru technologiczno-ekonomicznego. Elektroprosumeryzm będzie oznaczał wtedy przebudowę systemu społecznego. Czyli coś znacznie większego, wejście na wyższy poziom wartości i norm społecznych.

Czyli, o ile wkład prosumenta w transformację TETIP polega na indywidualnym pokonywaniu błędów poznawczych energetyki paliw kopalnych (WEK), a wkład (odpowiedzialność) pretendenta-innowatora jest o stopień wyższa i polega na tworzeniu środowiska technologicznego i biznesowego sprzyjającego uwalnianiu się od nich, to odpowiedzialność pretendenta zbiorowego jest jeszcze o stopień wyższa. Polega na uwolnieniu się całego społeczeństwa od błędów poznawczych energetyki paliw kopalnych (WEK). Oczywiście, nie może być mowy o uwolnieniu się wszystkich ludzi. Potrzebna jest większość wystarczająca do uznania, że spełnione zostały kryteria systemowej zmiany społecznej (że ta zmiana zaszła).

Język i metoda transformacji TETIP do opisu elektroprosumeryzmu

To, z czym muszą się zmierzyć wszyscy, którzy sukcesywnie będą się włączać w budowę rynków elektroprosumeryzmu tkwi w podstępnej naturze każdego przełomu, zwłaszcza tak wielkiego, jak ten wpisany w transformację TETIP.

Jeśli elektroprosumeryzm ma być (na razie występuje głównie jako koncepcja) powszechną praktyką, to badania i edukacja zadecydują, jak szybko kolejne fale będą wzbierać i jaką osiągać siłę. Analizując w tym kontekście fale elektroprosumeryzmu względem fal przemysłowych i cyfryzacji (bo te są w analizie fal elektroprosumeryzmu kluczowe) na jedną rzecz trzeba zwrócić uwagę. Fale przemysłowe i fale cyfryzacji nie musiały detronizować istniejących rynków należących do podmiotów zasiedziały, bo takich nie było. Zatem pretencje tacy jak w transformacji TETIP nie byli potrzebni, wystarczyli pionierzy.

Jeśli szukać wskazówek dotyczących organizacji badań i edukacji, albo przynajmniej dotyczących przesłanek, jak te badania i ta edukacja będą wyglądać w elektroprosumeryzmie (a raczej na rzecz elektroprosumeryzmu w trakcie transformacji TETIP), to na pewno trzeba zacząć od stwierdzenia, że mniej użytecznych wskazówek z tego punktu widzenia dostarczają doświadczenia kolejnych fal (rewolucji) przemysłowych. Warto za to ich szukać w doświadczeniach kolejnych fal (rewolucji) cyfryzacji. Te wnioski są zaskakujące, bo przecież cała epoka przemysłowa była nierozdzielnie związana z energetyką paliw kopalnych, była napędzana przez tę energię.

Wyjaśnienie jest jednak proste. Chociaż poszczególne sektory energetyki paliw kopalnych rozwijały się wraz z bezprecedensowym rozwojem nauk fizycznych, chemicznych i przyrodniczych oraz wielką falą wynalazków w laboratoriach i w całym przemyśle – przecież w nurcie tego rozwoju ukształtowały się takie dyscypliny naukowe jak górnictwo (węgiel kamienny, ropa naftowa, gaz ziemny), przede wszystkim jednak termodynamika, elektrotechnika (elektromagnetyzm), i na koniec energetyka jądrowa – to w elektroprosumeryzmie sytuacja nauki będzie diametralnie inna. Przede wszystkim nauka uprawiana w uczelniach technicznych nie tylko nie będzie zdolna wyprzedzać praktyki, ale nawet nie nadąży się za nią rozwijać. Skutkiem będzie (już jest) przenoszenie badań do „fabryk” (do przemysłowych centrów badawczych). Praktyka będzie natomiast napędzana, tak jak w cyfryzacji, przez pretendenta-innowatorów produktowych (producentów urządzeń, systemów) pretendenta-innowatorów koncentrujących się coraz bardziej na modelach biznesowych adekwatnych do osiągniętego już poziomu technologicznego, i napędzających dalsze innowacje technologiczne.

Jeśli fundamentalna baza technologiczna elektroprosumeryzmu (dom pasywny, pompa ciepła, samochód elektryczny, źródło PV, elektrownia wiatrowa lądowa, elektrownia wiatrowa morska) jest już faktem przesądzonym na dziesięciolecia (otwartą ciągle sprawą są jeszcze technologie wodorowe), to przychodzi czas na miliony pretendenta-innowatorów, którzy zaspokoją się „małymi” innowacjami składającymi się na lokalne innowacje przełomowe. W tym kontekście ważne jest, że pretendenci-innowatorzy nie osiągną sukcesu, jeśli nie będą potrafili się komunikować z prosumentami (i długo jeszcze przede wszystkim z odbiorcami). Aby komunikacja była możliwa pretendenci-innowatorzy muszą wytworzyć prosty (ale adekwatny do potrzeb praktyki, szczególnie w jej wymiarze percepcyjnym i ekonomicznym) język, o powszechnym zasięgu. Sami tego nie robią. Potrzebny język musi być tworzony wspólnie z prawnikami, ekonomistami, psychologami (ekonomia behawioralna), socjologami i przyrodnikami.

* * *

Na elektroprosumeryzm – który będzie napędzany przez prosumentów, pretendenta-innowatorów i pretendenta zbiorowego (będzie się realizował w postaci trzech fal) – warto spojrzeć (ze szczególną uwagą) przez pryzmat właściwych dla niego systemów jednostek energii. Na tym najbardziej podstawowym poziomie widoczna jest od razu siła prostoty elektroprosumeryzmu w porównaniu ze złożonością energetyki paliw kopalnych (WEK).

W obowiązującym w Polsce Międzynarodowym Układzie Jednostek SI jednostkami podstawowymi są: metr, kilogram (jednostka masy), mol (jednostka ilości materii), sekunda, kelwin, amper oraz kandela (jednostka światłości). Jednostki pochodne w każdym normatywnym układzie jednostek wyraża się za pomocą praw fizyki. Jednostkami najbardziej potrzebnymi do komunikacji w obszarze energetyki są jednostki energii i mocy. Jednostką energii w układzie SI jest dżul ($J = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$). Z kolei jednostką mocy jest wat ($W = \text{kg} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{s}^{-3}$), czyli $J = W \cdot s$.

Zatem w układzie SI są dwie równoważne pary potrzebnych jednostek podstawowych: J oraz W i druga para W · s oraz W. Są to jednak jednostki bardzo małe z punktu widzenia potrzeb energetyki, potrzebne są jednostki wielokrotne, tworzone za pomocą przedrostków: kilo, mega, giga, tera. Wykorzystanie poszczególnych przedrostków zależy od obszaru w którym te przedrostki się stosuje. Dodatkowo podkreśla się w odniesieniu do energii elektrycznej, że w elektroenergetyce WEK stosowana jest historyczna racjonalizacja sposobu tworzenia jej jednostek wielokrotnych. Mianowicie, przedrostki stosuje się nie do jednostki W · s (pochodnej w układzie SI), lecz do jednostki W · h (oczywiście zachodzi: $W \cdot h = 3600 W \cdot s$).

Ostatecznie praktykę stosowania jednostek energii i mocy wywodzących się z układu SI można scharakteryzować w przypadku energetyki paliw kopalnych WEK w największym uproszczeniu (i tylko wybiórczo) następująco. W wypadku pary jednostek podstawowych J i W od razu pojawia się bariera ich naturalnej „niewspółmierności”: mianowicie w praktyce jednostka energii J (dżul) jest „za małą” jednostką względem jednostki mocy W (wat). Konsekwencją jest potrzeba stosowania różnych przedrostków w wypadku energii i w wypadku mocy, jeśli dotyczą one tego samego zagadnienia praktycznego. Czyli, po odrzuceniu pary kJ i W (są to jednostki zbyt małe) pozostają pary jednostek wielokrotnych: MJ i kW, GJ i MW, TJ i GW, PJ (w tym wypadku nie ma pary, bo TW jest na ogół zbyt dużą jednostką w „ziemskich” zastosowaniach praktycznych).

Jeśli się zastosuje racjonalizację jednostki energii, taką jaka została dokonana w wypadku energii elektrycznej, to problem znika, a stosowane w praktyce pary są następujące: kWh i kW, MWh i MW, GWh i GW, TWh (bez pary); w tym miejscu przechodzi się już na zapis jednostek stosowany w praktyce (bez stosowania znaku: ·).

* * *

W bardzo długich łańcuchach przemian paliw kopalnych – od miejsc ich występowania w złożach do energii dostarczonej odbiorcom na rynkach końcowych energetyki paliw kopalnych (rynki energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych) – stosowanie właściwych jednostek energii i mocy jest niezwykle trudne, najeżone wieloma pułapkami (pomija się tu na razie łańcuchy

przemian charakterystyczne dla paliw jądrowych, gdzie sytuacja jest jeszcze bardziej skomplikowana). Wybierając z tych łańcuchów na początek tylko procesy spalania i ciepłone, charakterystyczne dla elektrowni ciepłych, elektrociepłowni i kotłowni oraz dla silników spalinowych i siłowni turbogazowych (w elektrowniach jądrowych w miejsce procesów spalania są procesy jądrowe w reaktorach) trzeba uwzględnić, że jeden GJ energii (MWh = 3,6 GJ) jest jednostką 13 wielkości termodynamicznych [7], z których każda oznacza oczywiście co innego. Są to energia, ale także: egzergia, entalpia, praca, zużycie paliwa, ciepło, entalpia przemiany fazowej, entropia, energia wewnętrzna, wartość opałowa, entalpia spalania.

Z kolei każdy sektor paliw kopalnych (znowu nie uwzględnia się tu paliw jądrowych) wytworzył hermetyczne niespójne własne zbiory jednostek energii służące do bardzo różnicowanych celów (głównie handlowych, ale także badawczych, wreszcie dla potrzeb praktycznych w zakresie funkcjonowania każdego sektora), ignorujące przy tym całkowicie zasady tworzenia jednostek pochodnych z jednostek podstawowych (w układach normatywnych). Na przykład w wypadku węgla kamiennego stosuje się w szczególności jednostkę (mającą zasięg światowy) nazywaną toną paliwa umownego (t p.u.). Oznacza ona 1 tonę węgla umownego o wartości opałowej 7 Gcal, czyli 29,3 GJ, czyli 8,1 MWh. W Polsce stosuje się jednostkę w postaci tony węgla wskaźnikowego (przeznaczonego głównie dla polskich elektrowni), którego wartość opałowa wynosi 23 GJ, czyli 6,4 MWh (przy zawartości popiołu równej 21%).

W wypadku ropy naftowej stosowane są w różnych obszarach sektora naftowego (bilanse geologiczne zasobów, globalny handel giełdowy, transport i procesy przeróbki) w szczególności dwie jednostki o zasięgu światowym (TOE – *Tonne of Oil Equivalent* oraz BOE – *Barrel of Oil Equivalent*). Pierwsza z nich ma odniesienie do tony paliwa umownego oznaczającej tonę węgla umownego. Otóż, 1 TOE = 1,43 t p.u. (wartość opałowa 1 TOE, to 10 Gcal, albo 41,9 GJ, albo 11,6 MWh). Baryłka (BOE) to 159 dcm³ tzw. ropy umownej (o masie 0,136 t), czyli ropy o wartości opałowej 1 TOE.

Kaloria (cal), która posłużyła do zdefiniowania jednostek węgla umownego oraz ropy umownej, jest historyczną jednostką ciepła, pozaukładową (1 cal = 4,18 J).

W wypadku paliw transportowych powszechną jednostką handlową jest: w handlu detalicznym 1 l (wartość opałowa 1 l benzyny i 1 l oleju napędowego jest podobna i wynosi ok. 30 MJ, czyli ok. 8,4 kWh), w handlu hurtowym 1 t (wartość opałowa 1 t wynosi około 43 GJ, czyli około 12 MWh).

W wypadku gazu ziemnego powszechną jednostką handlową w handlu detalicznym do końca lipca 2014 roku w Polsce był 1 m³ (wartość opałowa 1 m³ gazu ziemnego wynosi ok. 36 MJ lub 10 kWh), po zmianie do rozliczeń stosuje się jednostki, takie jak dla energii elektrycznej: kWh, MWh. W handlu hurtowym stosowanymi jednostkami są: tys. m³ (wartość opałowa wynosi ok. 36 GJ lub 10 MWh) aż do mld m³ (wartość opałowa wynosi ok. 36 PJ lub 10 TWh).

W wypadku ciepła jednostką „korporacyjną” (sektorową) stosowaną w krajach anglosaskich jest pozaukładowa jednostka BTU – *British Thermal Unit*. Jest to jednostka ciepła potrzebna do ogrzania 1 funta wody o 1 stopień Fahrenheita równa 252 cal, albo 1055 J, ... Jednostka jest stosowana w szczególności w technice ciepłej (pompy ciepła, inne). Ponieważ jest

to jednostka bardzo mała, to w praktyce stosuje się jednostkę wielokrotną therm, 1 therm = 10⁵ BTU, dalej 0,0026 TOE, ... 0,03 MWh. W ciepłownictwie w Polsce powszechnie stosowanymi jednostkami ciepła (dominującymi) we wszystkich obszarach (zarówno badawczych, technicznych jak i handlowych) są jednostki wielokrotne jednostki podstawowej w układzie SI: od MJ aż po PJ.

Zaprezentowany przegląd jednostek pokazuje w dobitny sposób kres wydolności historycznego rozwoju systemu jednostek w energetyce paliw kopalnych WEK i również kres metody tej energetyki. Przede wszystkim jednak pokazuje ich (jednostek i metody) nieadekwatność do potrzeb i możliwości współczesnego świata. Współczesne otwarte społeczeństwo, prosumenckie (na równi: tyle współtworzące/partycypacyjne, co i roszczeniowe) nie zaakceptuje systemu jednostek i metody energetyki paliw kopalnych WEK. Dlatego, bo jest już niezdolne do tego, a z drugiej strony już nie musi (łatwiej mu będzie wspiąć się, na trzech falach, do elektroprosumeryzmu).

Punktem wyjścia do zaprezentowania prostoty metody elektroprosumeryzmu względem metod energetyki WEK (paliw kopalnych) są bardzo krótkie łańcuchy przemian (ekstremalnie krótkie w ostonach prosumenckich). Te krótkie łańcuchy przemian – wyeliminowanie procesów wydobywczych i transportowych paliw kopalnych, wyeliminowanie spalania paliw kopalnych (także procesów reakcji jądrowej), procesów ciepłych w wytwarzaniu energii elektrycznej i ciepła, zredukowanie w tendencji hiperskomplikowanych systemów elektroenergetycznych (przykładem ekstremalnym jest system europejski) do prostszych systemów lokalnych – stanowią istotę elektroprosumeryzmu. Zarazem pokazują skalę cywilizacyjnej alokacji zasobów w obszar o większej efektywności ekonomicznej, o wyższym poziomie stosunków społecznych, o wyższym poziomie bezpieczeństwa klimatycznego i całego bezpieczeństwa przyrodniczego.

Dalej, o ile w wypadku paliw kopalnych i energetyki paliw kopalnych problemy jednostek są tak skomplikowane jak to zostało pokazane, o ile problemy odpowiedniej jakości paliw – węgla, gazu, paliw transportowych – w handlu globalnym i na rynkach końcowych stanowią wielkie wyzwanie, o ile jeszcze większe wyzwanie stanowi jakość energii elektrycznej (jeśli rozciągnąć to pojęcie na sferę niezawodności, w tym na bezpieczeństwo elektrodynamiczne połączonych systemów elektroenergetycznych (problem regulacji częstotliwościowej w tych systemach), to energia elektryczna w elektroprosumeryzmie (po reelektryfikacji OZE w skali Europy, Polski, świata – kolejność nie jest tu przypadkowa) staje się zwykłym rynkowym towarem, zunifikowanym w skali globalnej. W wyniku tego 1 MWh energii elektrycznej (i każda inna w tym systemie: kWh, GWh, TWh, PWh, zaspokajająca wszystkie potrzeby energetyczne (zuniwersalizowane przez elektroprosumeryzm), zawsze, na całym świecie, praktycznie oznacza „to samo”.

A pary jednostek energii elektrycznej i mocy – Wh i W, kWh i kW, MWh i MW, GWh i GW, TWh (bez pary), PWh (też bez pary) „obsługują” praktyczne potrzeby komunikowania się w zakresie wszystkich podstawowych problemów transformacji TETIP w bardzo szerokim spektrum podmiotowo-przedmiotowym (są wystarczające do opisu bardzo szerokiego spektrum zagadnień stanowiących treść energetyki w wymiarze teoretycznym i praktycznym: technicznym, ekonomicznym, prawnym, politycznym, społecznym, przyrodniczym).

W aspekcie podmiotowym chodzi o „równoprawne” komunikowanie się na poziomie prosumentów, pretendentów-innowatorów, pretendenta zbiorowego (społeczeństwa), oczywiście także odbiorców, przedsiębiorców z sektora MMSP, samorządowców, ..., polityków i dziennikarzy na całym świecie. W aspekcie przedmiotowym chodzi o zakres zagadnień, które są charakterystyczne dla mikroelektroniki (styka się z nimi przede wszystkim pretendenci-innowatorzy w obszarze infrastruktury inteligentnej), dla domu jednorodzinnego (zagadnienia z nim związane musi rozwiązywać właściciel tego domu), aż po zagadnienia makroekonomiczne, takie jak globalne zapotrzebowanie na napędową energię elektryczną ze źródeł OZE (przedmiot zainteresowań nauki, instytucji międzynarodowych, rządów, ale również właściciela domu jednorodzinnego interesującego się megatrendami).

Do przedstawionego sygnalnie porównania (przez prymat jednostek) wielkości, którą jest energia (a w tle również moc) energetyki paliw kopalnych WEK z elektroprosumeryzmem sygnalizuje się tu jeszcze problem związany z trzecią wielkością, którą jest – częstotliwość. Ten problem dotyczy tylko reelektryfikacji OZE, w wypadku Polski transformacji rynku schodzącego energii elektrycznej w dwa rynki wschodzące, 1 i 2. Otóż regulacja częstotliwościowa i bilansowanie jest jądrem potęgi KSE (każdego rozległego systemu prądu przemiennego). W szczególności umożliwia w każdej dyskusji, zwłaszcza o potrzebnej restrukturyzacji polskiej węglowej elektroenergetyki WEK, wywołanie „argumentu” w postaci hasła black out, tryumfalnie (w perspektywie podmiotów zasiedziających w polskiej węglowej elektroenergetyce WEK) kończącego dyskusję. Jednak słabością każdego tryumfalizmu w tym zakresie jest brak perspektywy działania systemów(WSE), za pomocą których sukcesywnie będzie przekraczana, przy wykorzystaniu przekształtników energoelektronicznych, bariera związana ze stabilnością elektrodynamiczną pracy systemów(WSE), aż do uzyskania przez nie zdolności do pracy w trybie off grid [3].

* * *

Naszkiecowany problem jednostek pokazuje, że szerokie otoczenie nie ma żadnych szans w zderzeniu z systemem stworzonym i stosowanym przez energetykę paliw kopalnych (WEK). System zrodził za to w długim czasie przestrzeń do hermetyzacji tej energetyki. Za tą idą często niestety nadużycia. Słabnie zawsze konkurencja. Nie mniej szkodliwa jest, jako skutek, niekompetencja szerokiego otoczenia (powszechna), które traci zdolność do rozpoznawania zagrożeń i reagowania, staje się ofiarą błędów poznawczych energetyki. Prostota prosumeryzmu, zarazem jego naturalna odporność na centralizację (kombinacja rozmieszczenia zasobów i prosumeryzmu jest korzystniejsza niż w wypadku rolnictwa) umożliwia działanie otwartego rynku pod nadzorem społecznym.

Daleko jednak w obszarze jednostek energii do pilnie potrzebnego powszechnego przekroczenia bariery unifikacji jednostek (do przestrzeni pojęciowej elektroprosumeryzmu). Zwłaszcza, jeśli jeszcze sama UE, mająca na swojej fladze neutralność klimatyczną 2050, unifikuje jednostki, ale nie do TWh (na poziomie makroekonomicznym potrzebne są duże jednostki wielokrotne). Widać to mianowicie dobitnie na podstawie unijnych dokumentów o znaczeniu strategicznym, mia-

nowicie ram programowych 2030 transformacji energetycznej. W dokumentach tych „zunifikowaną” jednostką we wszystkich bilansach energii końcowej (energii elektrycznej, ciepła, paliw transportowych) oraz w bilansach paliw (węgla kamiennego i brunatnego, ropy naftowej, gazu ziemnego i łupkowego oraz innych paliw) jest tona oleju ekwiwalentnego (toe, TOE), a nie jednostka energii elektrycznej. Na pewno, wyrażanie energii elektrycznej – do jedyności której w elektroprosumeryzmie trzeba z całą siłą dążyć – za pomocą ton oleju ekwiwalentnego nie służy transformacji energetyki. Służyłoby zunifikowanie jednostek do MWh i większych.

ZBIÓR KANONICZNY OSŁON KONTROLNYCH ELEKTROPROSUMERYZMU

Nie da się skutecznie opisać elektroprosumeryzmu bez osłon kontrolnych organizujących jego poznanie i jego rynki. W artykule wprowadza się rozszerzoną i uściśloną (w stosunku do tej, która była stosowana dotychczas w zasobach platformy PPTE2050) klasyfikację osłon kontrolnych (rozszerza się i uściśla także definicje osłon), stosownie do potrzeb związanych z dynamicznym wzrostem zainteresowania elektroprosumeryzmem traktowanym w kategoriach praktyki transformacyjnej TETIP, a także w nawiązaniu do metafory trzech fal jego rozprzestrzeniania się.

Ogólna definicja osłony kontrolnej (ukierunkowana w szczególności na potrzeby artykułu)

Jest to abstrakcyjna (pomyślana) osłona wydzielająca zorganizowaną logicznie część transformacji TETIP w aspekcie głównej siły odpowiedzialnej w osłonie za transformację od energetyki WEK (paliw kopalnych) do elektroprosumeryzmu OZE. Główną siłą określa się w poszczególnych osłonach przede wszystkim w ujęciu podmiotowym (w pewnych przypadkach także w ujęciu przedmiotowym), ale również w kontekście sprawczości tej siły, jej decyzyjności, interesów, wreszcie w kontekście posiadanych zasobów, w tym przede wszystkim kompetencji. Osłona kontrolna na poziomie mikroekonomicznym pozwala budować w jednoznaczny sposób bilanse potrzeb energetycznych i wewnętrznych zasobów energetycznych (źródła OZE są tylko jednym z wielu zasobów istniejących w osłonie). W pierwszej fazie transformacji TETIP krytyczne znaczenie mają przy tym przepływy energii elektrycznej przez osłonę; do ich kontroli (zarządzania) potrzebne są profile czasowe przepływów tej energii przez osłonę (z wnętrza osłony do otoczenia i na odwrót); w późniejszych fazach będą to profile przepływów innych zasobów (zasobów dwóch rynków bezsieciowych elektroprosumeryzmu: urządzeń i usług). Tak rozumiana osłona pozwala wykonywać jednoznaczne analizy mikroekonomiczne transformacji energetycznej wewnątrz osłony; pozwala wykonywać racjonalne analizy stanu regulacji prawnych obowiązujących na osłonie i potrzeb zmian tych regulacji, wreszcie pozwala wykonywać uogólnione analizy procesów społecznych charakterystycznych dla danego rodzaju osłony. Zbiory osłon kontrolnych dostarczają z kolei danych do budowania heurystyk dla potrzeb decyzyjnych na poziomie makroekonomicznym.

Zbiór kanoniczny osłon kontrolnych

Zbiór kanoniczny osłon kontrolnych stanowią cztery osłony (cztery koherentne podzbiory osłon) przedstawione w tabeli 1. Jest to zbiór pozwalający lepiej organizować poznanie procesowej wielopłaszczyznowej transformacji TETIP (transformacji do rynków elektroprosumeryzmu). Lepsza organizacja poznania wynika z faktu, że sposób kształtowania zbioru kanonicznego osłon kontrolnych (w długim czasie, bo i proces jest długotrwały) jest skoncentrowany na budowie rynku wschodzącego energii elektrycznej 1 (jakkolwiek organizacja poznania transformacji TETIP musi objąć również rynek wschodzący energii elektrycznej 2 i dwa rynki bezsieciowe). Kanoniczny zbiór osłon kontrolnych przedstawiony jest w tabeli 1.

Kanoniczny zbiór osłon kontrolnych daje szansę precyzyjniej porozumiewać się wszystkim zainteresowanym transformacją TETIP. Znaczenia tego na obecnym etapie transformacji nie da się przecenić. Błędy poznawcze (ich wielość i siła) są najlepszym dowodem [1].

Przyjęta w tabeli 1 sekwencja podzbiorów w zbiorze kanonicznym nie jest przypadkowa, jakkolwiek nie jest też bezdyskusyjna. Podzbiór osłon prosumenckich jest na pierwszym miejscu, bo każda osłona w tym podzbiorze (prosument) ma pełny potencjał decyzyjny w zakresie wyboru swojej indywidualnej trajektorii transformacyjnej i w istocie stanowi, sama w sobie, dużą część przełomowości transformacji TETIP. Z kolei podzbiór osłon samorządowych ma bez wątpienia znaczenie ustrojowe. W wypadku tego podzbioru chodzi nie tylko o realizację zasady pomocniczości i wykorzystanie prawa miejscowego, ale przede wszystkim o wykorzystanie w każdej osłonie istniejącego w niej potencjału rozwoju endogenicznego.

Podzbiór osłon systemu KSE trzeba rozpatrywać w dwóch aspektach. Pierwszy to ten, w którym tkwi potencjał przyspieszenia transformacji TETIP (niektórzy będą mówić o potrzebie przełamania działań blokujących sojuszu polityczno-korporacyjnego). Ale jest też drugi aspekt: podzbiór ten „otwiera” możliwość racjonalizacji wykorzystania zasobów KSE (znaczenie użytego słowa „racjonalizacja” jest sprawą otwartą i na pewno jego uzgodnienie wymaga konsensusu społecznego). Tak czy owak znaczenie podzbioru osłon(KSE), krytyczne na początku transformacji, będzie się z czasem banalizować; będzie malało wraz z rosnącą siłą konkurencji, którą podzbiór osłon OK(KSE) wyprzedzająco będzie przyspieszał.

Ostatni podzbiór osłon systemów(WSE) odnosi się do systemów, których praktycznie jeszcze nie ma. Ale które będą siłą napędową w pierwszej fazie transformacji TETIP. Jednak u kresu transformacji TETIP do elektroprosumeryzmu te systemy będą tylko ważną częścią rynku wschodzącego 1, natomiast w całym bilansie wytwórczym nie będzie to część kluczowa (większość zasobów wytwórczych będzie zlokalizowana bezpośrednio w osłonach prosumenckich, a niemata część, ok. 20%, na rynku wschodzącym 2). Pobudzenie rozwoju systemów(WSE) jest głównym zadaniem pretendenców-innowatorów.

Podzbiór prosumenckich osłon kontrolnych OK(PR) i OK(PW)

Tytuł opisu prosumenckich osłon kontrolnych obejmuje osłony rzeczywiste i osłony wirtualne. Jednak w oznaczeniach (akronimach) i w opisie osłon w tabeli 2 rozróżnienie to nie jest uwidocznione. Dlatego, bo każda osłona prosumencka jest rzeczywista, ale każda potencjalnie może być też wirtualna. Mianowicie, człowiek, rodzina może mieć jeden dom, ale mogą to być dwa domy i więcej), jedno mieszkanie i więcej, jeden dom i jedno mieszkanie, ...

Tabela 2 (jej format) sygnalizuje też drugą ważną sprawę. Podzbiór osłon prosumenckich jest podzbiorem, w wypadku którego istnieje pokusa, aby uznać go za jednoznacznie domknięty, czyli przyjąć, że: istnieje potencjalnie tylu prosumentów, ilu jest odbiorców energii elektrycznej (obecnie jest ich około 17,6 mln) i że ta liczba domyka podzbiór prosumencki; oczywiście inną rzeczą jest jego ustrukturyzowanie. W gruncie rzeczy na takim podejściu była budowana pierwsza segmentacja energetyki prosumenckiej [8]: były to trzy segmenty, w każdym segmentcie cztery podsegmenty. W wielkim uproszczeniu w segmentacji tej pierwszy segment to segment budynkowy (energetyki budynkowej) obejmujący domy jednorodzinne, budynki spółdzielni mieszkaniowych (i podobne), budynki samorządów, budynki gospodarstw rolnych. Drugi – to segment lokalnych mikro sieci i sieci (należących do spółdzielni mieszkaniowych, autonomicznych regionów energetycznych, samorządów – z podziałem na samorządy na obszarach wiejskich i w miastach). Trzeci to był segment przedsiębiorców i infrastruktury PKP (rozpatrywany w perspektywie potencjału prosumenckiego sektora usług, energetyki kolejowej, energetyki przemysłowej).

Tabela 1

Kanoniczny zbiór osłon kontrolnych Podstawowe definicje

Osłona	Definicja
OK(P)	osłona prosumencka, rzeczywista (węzłowa) OK(PR) i wirtualna OK(PW), tu nazwana w ujęciu przedmiotowym lub podmiotowym; począwszy od domu jednorodzinnego (jednego i więcej w rodzinie) i mieszkania w budynku wielorodzinnym, poprzez przedsiębiorcę z sektora MMS, spółdzielnię mieszkaniową realizującą zadania własne, samorząd realizujący zadania własne, ogólnokrajową sieć sklepów, aż po wielki przemysł (przemysł chemiczny, hutnictwo) i krajową infrastrukturę krytyczną (magistrala węglowa, CMK, A1) oraz przewoźników (transport drogowy dalekobieżny), linii lotniczych i armatorów morskich
OK(JST)	osłona (wirtualna) obejmująca jednostkę samorządu terytorialnego, w której realizowana jest zasada pomocniczości i obowiązuje prawo miejscowe; osłona wsi, gminy wiejskiej, ..., Warszawy, GZM, a także powiatu i województwa
OK(KSE)	osłony, na których realizowana jest (w zróżnicowany sposób) zasada dostępu rynku wschodzącego 1 (RCR) do zasobów KSE (zasada TPA+)
OK(WSE)	osłona systemu(WSE); osłona pretendenta zbiorowego (całego zbioru prosumentów reprezentujących w społeczeństwie większościowy kapitał społeczny), pretendenców-innowatorów i sandboxu

Podzbiór osłon prosumenckich (nazwanych przedmiotowo lub podmiotowo)
osłony: rzeczywiste (węglowe) OK(PR) i wirtualne OK(PW)

Ostona	Opis/nazwa
OK(P1i)	osłona domu jednorodzinnego; 6 mln domów; 70 tys. wybudowanych w 2019
OK(P2i)	osłona mieszkania w budynku wielorodzinnym; i = 1 – spółdzielnia mieszkaniowa; i = 2 – wspólnota mieszkaniowa; i = 3 – osiedle deweloperskie; 6 mln mieszkań; liczba mieszkań wybudowanych w 2019: deweloperskich – 130 tys., spółdzielczych – 2 tys.; komunalnych – 2 tys., społecznych/czynszowych – 2 tys.
OK(P3i)	osłona spółdzielni mieszkaniowej (wspólnoty mieszkaniowej, osiedla deweloperskiego) realizującej zadania własne, z perspektywą realizacji modelu jednej faktury dla swoich mieszkańców; 4,5 tys. spółdzielni mieszkaniowych, 120 tys. wspólnot mieszkaniowych, 30 deweloperów na GPW; 450 tys. budynków wielorodzinnych
OK(P4i)	osłona przedsiębiorcy sektora MMSP; 2 mln mikrofirm (do 9 zatrudnionych); 60 tys. małych firm (do 60 zatrudnionych); 15 tys. średnich firm (do 250 zatrudnionych)
OK(P5i)	osłona gospodarstwa rolnego; 1,1 mln gospodarstw socjalnych (od 1 do 20 ha); 115 tys. gospodarstw średnio-towarowych (od 20 do 200 ha) – potencjalny rynek dla mikroelektrowni μ EB; 20 tys. gospodarstw wielkotowarowych (powyżej 200 ha) – potencjalny rynek dla elektrowni EB
OK(P6i)	osłona sieci sklepów, sieć hoteli, przedsiębiorstwa sieciowego; sieć Biedronki (największa pod względem liczby sklepów i obrotów) obejmuje ponad 3000 sklepów
OK(P7i)	osłona samorządowa (JST) w obszarze realizacji zadań własnych; patrz tabela 3
OK(P8i)	osłona wielkiego przedsiębiorstwa (z zakładem przemysłowym lub siecią zakładów zasilanych z sieci 110 kV); ponad 250 przedsiębiorstw zasilanych przez 370 przemysłowych GPZ-ów
...	
OK(Pspec.1)	osłona operatora krajowego infrastruktury krytycznej (magistrale kolejowe – „węglowa”, CMK, ...; autostrada A4, ...)
OK(Pspec.2)	osłona wielkiego kombinatu przemysłowego (przemysł chemiczny, hutnictwo)
OK(Pspec.3)	osłona wielkiego przewoźnika, linii lotniczej, armatora (z flotami: dalekosiężnego transportu drogowego, samolotów, statków)

Ta segmentacja, bazująca na koncepcji prosumenckich łańcuchów wartości i prosumenckim potencjale, była w pierwszej połowie mijającej dekady bardzo progresywna. Po pierwsze dlatego, że nie redukowałą prosumenckich do segmentu ludnościowego, obejmowała wszystkich odbiorców energii elektrycznej. Po drugie, wychodziła ona na obszar sieciowy, chociaż nie wychodziła jeszcze na wirtualizację sieci.

Dlatego podzbiór osłon prosumenckich przedstawiony w tabeli 2 został skonsolidowany na nowo, ze szczególnym zaakcentowaniem jego wirtualizacyjnego potencjału. Podkreśla się, że prosumencki potencjał wirtualizacyjny nie oznacza automatycznego wzrostu potencjału segmentu systemów(WSE), tabela 5. Jednak może być katalizatorem rozwoju systemów(WSE). Pod kątem uwypuklenia tego potencjału zostały opisane i uszeregowane osłony OK(P1i) do OK(P8i). Najwyraźniej pokazuje to w szczególności osłona OK(P5i). Dlatego podzbiór osłon prosumenckich nie można traktować jako podzbiór zamknięty. Będą powstawać nowe modele biznesowe. Dyfuzja prosumenckich objętych osłonami wirtualnymi w osłony systemów(WSE) będzie z kolei katalizatorem nowej, bardzo potrzebnej definicji prawnej prosumenta w kontekście systemu podatkowego (rewizja systemu podatkowego w obrębie całego rynku wschodzącego 1 energii elektrycznej, jego unifikacja z systemami wsparcia i wymaganiami środowiskowymi jest wielkim wyzwaniem na wzbierającej drugiej fali elektroprosumeryzmu). Wszystko to prowadzi do hipotezy, że istnieje potencjał sukcesywnej, powolnej nowej konsolidacji podzbiór prosumenckiego (jego niewielkiego rozszerzania się w jednych segmentach, ale przede wszystkim radykalnej redukcji liczbowej w innych segmentach). Przedstawione w tabeli 2 ustrukturyzowanie osłon prosumenckich wychodzi naprzeciw sformułowanej hipotezy i nadaje nową dynamikę systematyzacji prosumenckiej (prowadzi do bardzo istotnych zmian ustrukturyzowania 17,6-milionowego zbioru potencjalnych prosumenckich).

W tym miejscu trzeba podkreślić, że bez segmentacji [8] otwierającej strukturyzację prosumencką nie byłoby prezentowanego podzbiór osłon prosumenckich rzeczywistych i wirtualnych, które coraz lepiej pozwalają opisać (zidentyfikować) istotę elektroprosumeryzmu. Jednak wiele problemów pozostaje ciągle otwartych. W takim kontekście podkreśla się, że segmentami prosumenckimi mającymi szczególnie potencjał dyfuzji innowacji oferowanych (potencjalnie) przez „rodzimych” pretendenców-innowatorów na wzbierającej drugiej fali elektroprosumeryzmu są osłony OK(P1i) do OK(P8i) w tabeli 2. Zwłaszcza podkreśla się, że w wypadku osłon OK(P2i) i OK(P3i) przyszedł czas na realizację modelu „jednej faktury” (domena pretendenców-innowatorów posiadających platformy handlowe). To właśnie ten model może zmniejszyć radykalnie liczbę odbiorców elektroenergetyki WEK, w granicznym wypadku nawet o blisko 50%. Innym bardzo charakterystycznym przykładem obrazującym potencjał zmian jest osłona OK(P5i). Ta osłona (domena pretendenców-innowatorów posiadających produkt w postaci „fabrycznie” produkowanych mikroelektrowni biogazowych klasy 20-50 kW) ma potencjał dokonania przełomu polegającego na przejściu co najmniej 50 tys. gospodarstw rolnych i hodowlanych wraz z sołectwami (ich częściami, albo nawet całymi) z rynku schodzącego WEK na rynek wschodzący 1 energii elektrycznej.

Oczywiście, globalni pretendenci-innowatorzy (a nie krajowi, bo takich Polska nie jest w stanie się dorobić w nadchodzących latach) dostarczą innowacje dla pretendenców OK(P.). Kiedy pretendenci-innowatorzy, jedni i drudzy (lokalni i globalni), wypełnią swoje zadanie strukturyzacją segmentu prosumenckiego stanie się banałem – i będzie się dokonywać siłami rynku. Osłony prosumenckie organizujące metodologicznie funkcjonowanie pretendenców w warunkach rynkowych nie stracą jednak na znaczeniu, pozostaną ważnym narzędziem metody elektroprosumeryzmu.

Podzbiór osłon kontrolnych OK(JST)

Przedstawiony w tabeli 3 podzbiór osłon JSK jest podzbiorem kompletnym (zamkniętym), najbardziej stabilnym, o szybko rosnącym znaczeniu. Podkreśla się, że istnieją fundamentalne przesłanki tej tezy. Polityczne próby zmierzające do ustrojowego obniżenia znaczenia samorządów w Polsce są w horyzoncie długoterminowym z góry skazane na niepowodzenie. Elektroprosumeryzm w swojej istocie jest czynnikiem bardzo prodecentralizacyjnym w stosunku do obecnej rzeczywistości energetycznej i antycentralizacyjnym w stosunku do całej przestrzeni społecznej. W zasobach PPTe2050 istnieją liczne sygnały odniesienia do tematyki wzrostu znaczenia samorządów w transformacji TETIP (w obydwu rolach: realizacji zadań własnych i realizacji zasady pomocniczości). Na pewno rolę samorządów w elektroprosumeryzmie można już opisywać w kategoriach zmian społecznych.

Struktura segmentu osłon OK(JST.) i statystyki, które są przedstawione w tabeli 3 (wynikają z tej tabeli) różnią się od oficjalnej statystyki jednostek JST (GUS). Dlatego, bo są dostosowane do potrzeb skalowania elektroprosumeryzmu, zwłaszcza pod kątem ich integracji z podzbiorem osłon OK(KSE). W tym kontekście podkreśla się, że zaprezentowana w tabeli 3 struktura podzbioru osłon OK(JST) konsoliduje w dużym stopniu strukturę wsi i miast (na granicy dużych wsi i małych miast), co ze względów społecznych jest na pewno korzystne. W szczególności w tabeli 3 nie da się łatwo odnaleźć oficjalnego (administracyjnego) podziału na 60% ludności miejskiej i 40% wiejskiej, który jest sztuczny. Struktura segmentu osłon OK(JST.), zunifikowana za pomocą ważnej kategorii „wystarczalności” sieciowej (por. opis do tab. 7) jest fundamentalnie znacznie bardziej wartościowa.

Mianowicie, na obecnym etapie rozwoju elektroprosumeryzmu stawia się hipotezę, że największego znaczenia podzbiorem osłon kontrolnych OK(JST) należy upatrywać w tym, że samo ich zdefiniowanie pozwala określić jednoznacznie przynależność każdej z osmiu osłon, od OK(JST1) do OK(JST8) do odpowiedniej osłony napięciowej (nN-SN-110 kV-NN), tabela 7. Jest to jeden z najważniejszych praktycznych wyników, do których wprost prowadzi metoda elektroprosumeryzmu. Prezentowany w artykule kanoniczny zbiór osłon kontrolnych w tym względzie ma szczególne znaczenie.

Podzbiór osłon kontrolnych OK(KSE)

Przedstawiony w tabeli 4 podzbiór osłon OK(KSE) jest podzbiorem kompletnym (zamkniętym) dla stanu początkowego transformacji TETIP, czyli stanu A(2020). W stanie końcowym B(2050) będzie to całkowicie odmienny system osłon kontrolnych, mianowicie osłon elektroprosumeryzmu, z przynależnymi do niego rynkami energii elektrycznej 1 i 2 (nie będzie już rynku schodzącego paliw kopalnych WEK).

Stąd wynika, że podzbiór jest generalnie podzbiorem degenerującym. Najbardziej w obszarze między osłonami: OK(KSEW5^{SNij}) i OK(KSEW5^{PTGij}), czyli w obszarze systemowej sieci elektroenergetycznej 400 i 220 kV potrzebnej obecnie wielkim elektrowniom: najbardziej jądrowym, następnie węglowym, wreszcie wielkim elektrowniom gazowym. W elektroprosumeryzmie potrzebnej jedynie farmom wiatrowym off shore na rynku wschodzącym 2, ale nie w postaci systemowej zamkniętej sieci elektroenergetycznej,

Tabela 3

Podzbiór osłon kontrolnych OK(JST) osłony administracyjne (osłony działania prawa miejscowego i zasady pomocniczości)

Ostona	Opis/nazwa
OK(JST1)	wieś zasilana ze stacji transformatorowej SN/nN; 40 tys. wsi (sołectw) z liczbą mieszkańców poniżej 1000; do segmentu osłon OK(JST1) nie wlicza się wsi o liczbie mieszkańców powyżej 1000 mieszkańców, których jest 3 tys. (szacunek); największą wieś w Polsce zamieszkuje 12,5 tys. mieszkańców
OK(JST2)	gmina (wiejska, miejsko-wiejska, miejska), miasto 25-50 tys. mieszkańców; 1500 gmin wiejskich, 650 gmin miejsko-wiejskich, 100 miast (w tym takie, które są gminami miejskimi oraz nieliczne, które są powiatami – o ile ich liczba mieszkańców jest mniejsza od 50 tys.); z drugiej strony segment osłon OK(JST2) nie obejmuje tych z 300 gmin miejskich oraz tych z 66 powiatów, które są miastami o liczbie mieszkańców powyżej 50 tys.
OK(JST3)	miasto 50-100 tys. wraz z powiatem „otaczającym” miasto (w wypadkach, kiedy taki powiat istnieje); 45 miast
OK(JST4)	miasto 100-500 tys. mieszkańców; 33 miasta
OK(JST5)	metropolia 0,5-1 mln mieszkańców; 5 metropolii (miast), w tym Trójmiasto
OK(JST6)	Warszawa, GZM
OK(JST7)	powiat („samodzielny”); 250 powiatów (bez 66 miast na prawach powiatu)
OK(JST8)	województwo; 16 województw

Tabela 4

Podzbiór operatorskich osłon kontrolnych systemu technicznego KSE osłony rzeczywiste (węzłowe) i wirtualne

Ostona	Opis/nazwa
OK(KSER) rzeczywiste (węzłowe)	
OK(KSER1)	osłona przecinająca przyłączy nN, obejmująca instalację odbiorcy
OK(KSER2)	osłona obejmująca stację transformatorową SN/nN, wraz z zasilaną siecią SN
OK(KSER3)	osłona obejmująca GPZ (stację transformatorową 110 kV/SN), wraz z zasilaną siecią SN-nN
OK(KSER4)	dynamiczna osłona stacji transformatorowej NN/110 kV wraz z siecią 110 kV, do punktów spływu w tej sieci
OK(KSER5)	dynamiczna osłona przecinająca połączenie transgraniczne do kontroli przepływów transgranicznych (na tym połączeniu)
OK(KSEW) wirtualne	
OK(KSEW1ij)	zbiór przyłączy nN; i = 1 – linia nN, i = 2 – stacja SN/nN, i = 3 – linia SN, i = 4 – GPZ, i = 5 – OSD, i = – kraj
OK(KSEW2ij)	zbiór stacji transformatorowych SN/nN; i = 1 – linia SN, i = 2 – GPZ, i = 3 – OSD, i = 4 – kraj
OK(KSEW4ij)	zbiór GPZ-ów; i = 1 – linia SN, i = 1 – GPZ, i = 3 – OSD, i = 4 – kraj
OK(KSEW5 ^{SNij})	zbiór stacji transformatorowych NN/110 kV;
OK(KSEW5 ^{PTGij})	zbiór połączeń transgranicznych

**Podzbiór osłon kontrolnych OK(WSE)
osłony rzeczywiste (węzłowe) i wirtualne**

Ostona	Opis/nazwa
OK(WSE-T1)	ostona systemu(WSE) z mikroelektrownią μ EB przyłączoną do linii nN (do stacji N/nN); technologia właściwa dla osłony OK(JST1)
OK(WSE-T2)	ostona systemu(WSE) z elektrownią EB przyłączoną do linii SN; technologia właściwa dla osłony OK(JST2)
OK(WSE-T3)	ostona systemu(WSE) z instalacją mineralizacji niskotemperaturowej GOZ przyłączoną do silnej sieci SN; technologia właściwa dla zbioru osłon od OK(JST3) aż do OK(JST8)
OK(WSE-T4), pomostowa	ostona pomostowego systemu(WSE) z gazowym źródłem kogeneracyjnym w postaci agregatu silnikowego lub układu z mikro-turbiną; technologia przeznaczona w szczególności do osłon prosumenckich OK(P2i) oraz OK(P3i)
OK(WSE-T5)	ostona systemu(WSE) tworzonego w trybie konsolidacji za pomocą inteligentnej infrastruktury obejmującej trzy składowe: platformę pomiarowo-rozliczeniową OIRE(WSE), system SCADA(WSE) oraz sieć terminali dostępowych STD
OK(WSE-T6)	ostona systemu(WSE) tworzonego za pomocą technologii blockchain
...	
OK(WSE-SM)	system(WSE) ze spółdzielnią mieszkaniową (wspólnotą mieszkaniową, osiedlem deweloperskim)
OK(WSE-KE)	system(WSE) klastra energii
...	
OK(WSE-JST)	system(WSE _{ij}) w osłonie OK(JST _i), $i = 1, \dots, 8$. Zapis system(WSE _{ij}) oznacza, że w każdej osłonie OK(JST _i) dopuszcza się wiele systemów(WSE _{ij}), $j = 1, 2, 3, \dots$, oczywiście im wyższy wskaźnik i , tym potencjalnie większy jest zbiór wskaźników j ; wywoławczo przyporządkowuje się pierwsze (początkowe) wskaźniki systemom(WSE) potrzebnymi następującym obszarom zadań własnych: $j = 1$ – gospodarka GOZ, $j = 2$ – transport, $j = 3$ – miejskie zasoby mieszkaniowe, ...
...	

a w postaci bardzo selektywnych układów dosyłowych (najlepiej hybrydowych DC/AC). Zupełnie za to niepotrzebnej prosumen-
tom, z wyjątkiem tych zlokalizowanych w „ekstremalnych” osł-
nach OK(JST6); szerzej – z wyjątkiem zlokalizowanych w korytar-
zu infrastrukturalno-urbanistycznym północ-południe obejmują-
cym osłony OK(JST6) oraz część krajowych osłon OK(Pspec.1),
OK(Pspec.2), OK(Pspec.3) wyszczególnionych w tabeli 2.

Mniej degresywny w podzbiorze osłon OK(KSE) jest obszar
miedzy osłonami: OK(KSEW4ij) i OK(KSEW5^{SNnij}), czyli obszar
sieci 110 kV. Sieci te, o dużej gęstości powierzchniowej (w kraju
jest ponad 35 tys. km linii 110 kV), obecnie pracującej głównie
w modelu sieci silnie zamkniętej. Transformacja do elektroprosu-
meryzmu spowoduje redukcję sieci i jej uproszczenie do układów
dosyłowych łączących niewielkie farmy wiatrowe z elektrownia-
mi klasy 6 MW z osłonami OK(JST3) do OK(JST8) oraz wewnątrz
osłon OK(JST5) do OK(JST8).

Progresywne są natomiast w podzbiorze osłon OK(KSE) dwa
obszary: sieci nN między osłonami OK(KSEW1ij) i OK(KSEW2ij)
oraz sieci SN między osłonami: OK(KSEW2ij) i OK(KSEW4ij). Sieci
te pracują obecnie w modelu sieci otwartych, z liniami zasilanymi
jednostronnie. W ramach transformacji TETIP do elektroprosu-
meryzmu przekształca się one (pod wpływem rynku) w sieci superza-
mknięte. Sieci nN z przyłączonymi mikroelektrowniami biogazowy-
mi μ EB będą wystarczające dla osłon OK(JST1). Sieci SN z przyłą-
czonymi do nich elektrowniami biogazowymi EB oraz pojedynczymi
elektrowniami wiatrowymi klasy 3 MW będą wystarczające dla
osłon OK(JST2) i na ogół dla osłon OK(JST7).

Podzbiór osłon kontrolnych OK(WSE) systemów(WSE)

Z przedstawionego w tabeli 5 sposobu opisu podzbioru
osłon OK(WSE) wynika, że jest to podzbiór otwarty, i to nawet na
poziomie koncepcji. W tabeli został on zredukowany do czterech
charakterystycznych segmentów. Pierwszy z segmentów obej-
muje systemy(WSE) "wytworzone przez technologie „wirtualiza-
cyjno-twórcze”: OK(WSE-Ti), $i = 1$ do 6. Generalnie są to tech-
nologie właściwe dla pretendentsów-innowatorów; technologie
te, znajdujące się na różnych etapach rozwojowych, mają swo-
ją „reprezentację” na platformie PPTe2050, [3] do [6]. Są nimi
przede wszystkim technologie mające potencjał regulacyjno-
bilansujący i technologie w postaci inteligentnej infrastruktury
(w tym w postaci platform pomiarowo-rozliczeniowych). Inteli-
gentna infrastruktura, z natury integracyjna, umożliwia integrację
technologii regulacyjno-bilansujących ze zbiorami osłon prosu-
menckich i tworzenia systemów(WSE) w tendencji niewidocz-
nych dla operatora odpowiedzialnego za regulację częstotliwo-
ściową. Obecnie jest to operator OSP. Stopniowo powinni to być
jednak operatorzy OSD (na różnych poziomach napięciowych:
nn-SN-110 kV), a także operatorzy(WSE).

Duża otwartość podzbioru OK(WSE) jest na obecnym etapie
jego istotą. Mianowicie, chodzi o to, aby zamknięta struktura pod-
zbioru nie mogła blokować rozwoju konkurencji na rynku wscho-
dzącym 1 energii elektrycznej (ryнку RCR) oraz między tym ryn-
kiem i rynkiem schodzącym WEK, ale także rynkiem wschodzą-
cym 2 (offshore). Konsekwencją „otwartości” podzbioru OK(WSE)
jest to, że nie stosuje się (nie proponuje się) na obecnym etapie
(w artykule) enumeratywnej identyfikacji osłon, w podzbiorze, ko-
lejne osłony charakteryzuje się tylko opisowo.

Oczywiście, podzbiór jest podzbiorem wschodzącym,
o wielkim potencjale rozwojowym. Ma on krytyczne znaczenie
z punktu widzenia pobudzenia rozwoju rynku wschodzące-
go 1 energii elektrycznej. Ale z drugiej strony już na początku
procesu jego tworzenia trzeba sformułować pytanie o to czy
powinien on mieć wyraźnie przypisaną rolę docelową, opisaną
za pomocą enumeratywnej listy nazwanych (charakterystycz-
nych) systemów(WSE), czy ma on tylko mieć rolę pobudzają-
cą „rozruchową”. W wypadku drugim unika się ryzyka zablo-
kowania silnej konkurencji na rynku wschodzącym 1. Stawia
się hipotezę, że obecnie jeszcze za wcześnie, aby rozstrzygnąć
ten bardzo poważny dylemat teoretyczny. Zwłaszcza uwzględ-
niając potencjalną wadę silnej konkurencji, mianowicie wzrost
kosztów transakcyjnych.

Nie ma natomiast żadnej wątpliwości, że najbliższy czas
w transformacji TETIP trzeba wykorzystać do konsolidowania
koncepcji systemu(WSE) pod kątem budowy dwóch obszarów
kompetencji. Pierwszy, to obszar budowy kompetencji operato-
rów(WSE). Drugi, to obszar kreacji (budowy) sandboxów.

Kanoniczny zbiór technologii wytwórczych elektroprosumeryzmu

Zbiór przedstawiony w tabeli 6 obejmuje sześć technologii wytwórczych energii elektrycznej (ewentualnie multienergetycznych: energii elektrycznej, ciepła, a w wypadku multitechnologii GOZ nawet produkcji wodoru). Konsolidacja zbioru tych sześciu technologii dokonywała się na platformie PPTE2050 w ciągu ostatnich dwóch lat. Badania modelowe bilansów (prezentowane na PPTE2050) uprawniają postawienie tezy, że są to technologie umożliwiające reelektryfikację Polski w horyzoncie 2050 do poziomu rocznej produkcji energii elektrycznej w źródłach OZE wynoszącej 200 TWh brutto, 175 TWh netto (czyli poziomu wystarczającego do pokrycia zapotrzebowania elektroprosumeryzmu w całym jego zakresie, i zastąpienia wszystkich trzech rynków końcowych energetyki paliw kopalnych WEK).

O ile stosowanie technologii czwartej, piątej i szóstej w tabeli 6 jest w skali globalnej sprawą przesądzoną na kolejne dziesięć lat, to technologie pierwsza, druga i trzecia mają lokalny charakter i będą w Polsce, i ogólnie na świecie, przedmiotem aktywności lokalnych pretendentów-innowatorów (sytuacja może zmienić wejście na rynek skalowalnych, o zasięgu globalnym, technologii wodorowych w dojrzałą fazę komercyjną, ale nie będzie to eliminowało polskich pretendentów-innowatorów z udziału w konkurencji o rynki regulacji i bilansowania na rynku wschodzącym 1 za pomocą technologii wpisujących się w gospodarkę GOZ).

Dla potrzeb metody elektroprosumeryzmu włącza się do kanonicznego zbioru poszczególne technologie stosując w „zapisie” w tabeli 6 specyficzną stylistykę ich opisu sygnalizującą bardzo silnie rolę tych technologii w transformacji TETIP, a zwłaszcza w skalowalności elektroprosumeryzmu.

Oprócz sześciu technologii zbioru kanonicznego technologii w tabeli 6 uwzględniono technologie wodorowe. Nie ma wątpliwości, że odegrają one dużą rolę w transformacji TETIP. Jednak nie ma jeszcze danych, aby je zwymiarować i jednoznacznie usytuować

na rynkach elektroprosumeryzmu, zwłaszcza w Polsce. Ze względu na jego bardzo dużą dyfuzyjność należy przewidywać, że nie będzie możliwy transport sieciowy wodoru. W takim razie technologie wodorowe znajdą zastosowanie w segmencie prosumenckim, w osłonach, które w tabeli 2 są oznaczone jako: OK(Pspec.1), OK(Pspec.2, OK(Pspec.3). W tym miejscu podkreśla się, że technologie wodorowe, to na końcu łańcucha przemian technologie elektryczne (np. samochód wodorowy – z ogniwem paliwowym – jest samochodem elektrycznym, zbiornik wodoru zintegrowany z ogniwem paliwowym zastępuje akumulator, obecnie litowo-jonowy).

W tabeli 6 nie ma technologii zasobnikowych. W modelowaniu profili bilansowych na osłonach kontrolnych stosuje się [2] baterie litowo-jonowe, ale głównie w osłonach prosumenckich, natomiast nie stosuje się ich w osłonach sieciowych. Stosuje się też, w charakterze rozwiązania pomostowego, obecne układy UGZ (układy gwarantowanego zasilania) w trybie charakterystycznym dla obecnego rynku bilansującego.

Na platformie PPTE2050 przywiązuje się dużą wagę do technologii zasobnikowych, ale w ramach kompleksowego podejścia respektującego poniższe zasady (i zasoby).

1. Alokacja zasobów bilansujących do osłon prosumenckich (i wręcz do osłon odbiorników energii elektrycznej – wykorzystanie „odwróconego” efektu cenowego skali, bardzo silnego w wypadku ogniw litowo-jonowych).
2. Wykorzystanie potencjału elastyczności cenowej popytu na rynku RCR energii elektrycznej (rynek wschodzący 1).
3. Wykorzystanie potencjału zmiany zasad użytkowania energii elektrycznej w miarę integracji technologicznej elektroprosumeryzmu (elektryfikacja ciepłownictwa – wykorzystanie bezwładności cieplnej odbiorników/odbiorów; elektryfikacja transportu – włączenie samochodu elektrycznego do bilansowania nadających się do tego osłon kontrolnych).

Tabela 6

Kanoniczny zbiór technologii wytwórczych elektroprosumeryzmu przeznaczonych na rynki sieciowe i bezsieciowe (do wykorzystania przez prosumentów)

Lp.	Technologia	Opis
1	GOZ	za obiecującą technologię uznaje się technologię mineralizacji niskotemperaturowej odpadów RDF [4], mimo że na razie nie została ona jeszcze zastosowana w wersji pełnoskalowej, a jedynie w wersjach demonstracyjnych; technologia dedykowana jest do osłon OK(JST3) do OK(JST8); w gospodarce GOZ wykorzystuje się także technologie μ EB i EB, chociaż w tabeli są one wyodrębnione jako technologie głównie rolniczo-utilityczne i stanowią odrębne kategorie; wyłącza się natomiast stosowanie w gospodarce GOZ technologii spalania
2	μ EB	jest to technologia dedykowana do osłony OK(JST1); typoszereg mocy elektrycznej mikroelektrowni μ EB obejmuje zakres 20-50 kW
3	EB	jest to technologia dedykowana do osłony OK(JST2); typowa moc elektryczna elektrowni EB wynosi 1 MW
4	EWL	dwie elektrownie: o mocy 3 MW – pojedyncza elektrownia przyłączana do „silnej” sieci SN i druga o mocy 6 MW – elektrownia przyłączana w małych grupach (na ogół nie więcej niż 4 elektrownie) do sieci 110 kV
5	PV	dachowe źródła PV: małe o mocy do 10 kW i średnie o mocy od 10 do 50 kW zintegrowane z prosumenckimi instalacjami nN; duże źródła PV dachowe i inne o mocy do 1 MW zintegrowane z siecią prosumencką SN.
6	EWM	elektrownie o mocy jednostkowej 10 MW, tworzące farmy o mocy do 1 GW budowane przez inwestorów-wytwórców posiadających kontrakty PPA lub konkurujących na otwartym rynku wschodzącym energii elektrycznej 2
7	TW*	w wypadku wodoru z jego natury (dyfuzyjność) jest wyłączony przesył sieciowy; dlatego generalnie technologie elektrolizy wodoru (konwersja energii elektrycznej produkowanej w źródłach OZE w wodor) muszą być dedykowane do osłon prosumenckich, a ogniwa paliwowe (konwersja do energii elektrycznej) muszą być zintegrowane z odbiorami; technologie wodorowe mają krytyczne znaczenie dla włączenia w rynki elektroprosumeryzmu prosumentów w osłonach OK(Pspec.1), OK(Pspec.2, OK(Pspec.3), tab.2

* Technologie wodorowe.

4. Wykorzystanie potencjału zmiany zasad użytkowania energii elektrycznej w miarę wzrostu cyfryzacji całej gospodarki. Najbardziej spektakularnym obszarem zmian będzie przemysł 4.0, który odstrojony od rytmu życia człowieka, będzie mógł być łatwo dostrojony do rytmu pracy źródeł OZE z wymuszoną produkcją.

ZAMIAST ZAKOŃCZENIA PYTANIE, ODPOWIEDŹ, PROPOZYCJA

PYTANIE. Dwuczęściowe pytanie jest o to czy Polska może się stać neutralna klimatycznie w horyzoncie 2050 i czy ta neutralność jest kosztem, czy cywilizacyjną inwestycją?

Odpowiedź rządu jest na razie, brzmi, że neutralność klimatyczna Polski do 2050 roku jest niemożliwa! I dalej, że jest tak, bo jest ona gigantycznym kosztem! W przestrzeni propagandowej – czyli w tej, w której niczego nie trzeba udowodniać, wystarczy działać na emocje – pojawiają się koszty równe nawet 2 bln euro. Nic jednak nie wiadomo o metodzie jej oszacowania. Istnieje też duże prawdopodobieństwo, że dla tych, którzy tą liczbą posługują się, nie ma znaczenia, że kurs wymiany już osiągnął poziom 1 euro = 4,5 PLN i że roczny koszt zaopatrzenia energetycznego polskich odbiorców na trzech rynkach końcowych (energii elektrycznej, ciepła i paliw transportowych) wynosi aż 200 mld PLN, a PKB Polski wynosi tylko 2 bln PLN, i że na świecie roczne inwestycje w energię wiatrową i PV (w dominującym stopniu już tylko rynkowe) wypierają ponad 2% całej elektroenergetyki paliw kopalnych (elektroenergetyki WEK).

Z artykułu wynika natomiast odpowiedź biegunowo odmienna. Osiągnięcie przez Polskę neutralności klimatycznej 2050 jest możliwe! I dalej, że jest to cywilizacyjna inwestycja! Więcej o tym w przedstawionej poniżej odpowiedzi.

ODPOWIEDŹ. Najpierw, co na pewno nie jest odpowiedzią na cywilizacyjne wyzwanie, którym jest transformacja energetyki paliw kopalnych. Mianowicie, nie jest to odpowiedź zawarta w stanowisku obecnego sojuszu polityczno-korporacyjnego – w praktyce podmiotów zasiedziały na trzech rynkach końcowych, wyspecyfikowanych już w **PYTANIU**. W szczególności nie są odpowiedzią: wzmożenie inwestycyjne, fala fuzji oraz inwestycji kapitałowych i wreszcie wzmożenie pomocy publicznej – rozwiązania obejmujące w zastraszającym tempie górnictwo, elektroenergetykę, sektor paliw transportowych, a w planach rządu również gazownictwo. Dlatego, bo są to rozwiązania XX-wieczne, zwłaszcza takie jak te, które przetoczyły się przez energetykę paliw kopalnych, w tym elektroenergetykę, na przełomie wieków. Były one stosowane w zastępstwie potrzebnej wtedy wielkiej restrukturyzacji. I zamiast cokolwiek rozwiązać przyspieszyły jedynie psucie światowej gospodarki.

Autor daje odpowiedź w postaci twórczej syntezy artykułu. Na początku tej odpowiedzi jest, to naturalne, transformacja całej energetyki paliw kopalnych (WEK), jednak nie przez podmioty zasiedziały na dotychczasowych rynkach końcowych, a przez pretendenta kreujących cztery nowe rynki elektroprosumeryzmu, czyli transformacja TETIP. Inaczej, jest to transformacja na trzech ścieżkach.

Pierwsza integruje pasywyzację budownictwa (za pomocą technologii domu pasywnego) i elektryfikację ciepłownictwa (za pomocą pompy ciepła). Ta ścieżka pobudza rozwój trzech rynków elektroprosumeryzmu: rynku usług, rynku urządzeń (i materiałów budowlanych) oraz wschodzącego rynku energii elektrycznej 1 (ryнку RCR).

Druga ścieżka, to elektryfikacja transportu, która pobudza rozwój dwóch (przede wszystkim) rynków elektroprosumeryzmu: rynku bezsieciowego urządzeń oraz wschodzącego rynku energii elektrycznej 1.

Trzecia ścieżka, to reelektryfikacja OZE pobudzająca wszystkie cztery rynki elektroprosumeryzmu. Dwa z nich, podstawowe, to rynki wschodzące energii elektrycznej, mianowicie rynek 1 i rynek 2 (offshore). Wschodzący rynek energii elektrycznej 1 może z samej natury rozwijać się w Polsce w ścisłej symbiozie z dwoma wielkimi rynkami bezsieciowymi elektroprosumeryzmu: urządzeń i usług. Dla obecnego zaawansowania technologicznego Polski rynek wschodzący energii elektrycznej 2 nie ma już niestety istotnego potencjału pobudzającego rozwój rynków bezsieciowych elektroprosumeryzmu (urządzeń i usług); jest już za późno, aby odrobić straty w tym wyścigu technologicznym (Polska może czekać jedynie na następną transformację w trybie przelomowym, ... za dziesiątki lat).

Początkowa część odpowiedzi na pytanie, czy neutralność klimatyczna 2050 jest w wypadku Polski możliwa i czy jest to koszt, czy jednak inwestycja, pozwala przejść do postawienia hipotezy w sprawie trajektorii transformacji. Istotą tej hipotezy jest całkowita zmiana, w wyniku transformacji TETIP rynków końcowych, mianowicie rynków końcowych energetyki paliw kopalnych (WEK) na rynki elektroprosumeryzmu.

Po tej zmianie sytuacja jest następująca (w koncepcji, bo w rzeczywistości dopiero będzie, w każdym razie może być, i to przed 2050 rokiem, w takim sensie jak to pokazano w tabeli 7).

1. Rynków końcowych paliw kopalnych (WEK) nie ma. Istnieje przy tym ryzyko, jeśli obecne stanowisko sojuszu korporacyjno-politycznego będzie się w czasie przeciągać, że reelektryfikacja OZE wyprzedzi osiągnięcie neutralności klimatycznej na obecnych rynkach końcowych ciepła i paliw transportowych. Fundamentalnie jest to błędne, ale może na to być jednak przyzwolenie społecznie. Oczywiście, ponieważ podstawą artykułu jest podejście fundamentalne, to w tej jego części („odpowiedzi” końcowej), a zresztą i w całym artykule, wszystkie hipotezy dotyczące neutralności klimatycznej są formułowane przez pryzmat reelektryfikacji OZE. Mianowicie, skuteczne przeprowadzenie reelektryfikacji OZE uznaje się za osiągnięcie neutralności klimatycznej.
2. Zapotrzebowanie roczne na energię elektryczną brutto produkowaną w źródłach OZE wynosi dla Polski 200 TWh (jest to wprawdzie tylko heurystyka, ale z całą pewnością uprawniająca do hipotezy niższego poziomu, że z odchyleniami od tej wartości rynki elektroprosumeryzmu „poradzą” sobie).
3. System KSE w obecnej postaci nie istnieje. Mianowicie, następuje jego sukcesywna autonomizacja, aż do bardzo głębokiej, takiej jak to wynika z tabeli 7. Podane w niej w postaci „widełek” horyzonty reelektryfikacji OZE dla osłon od OK(JST1) do OK(JST4) oznaczają kwantyle zbiorów: 5% (dolny horyzont) i 95% (górnny horyzont).

Tabela 7

Zakres autonomizacji systemu KSE
opisany za pomocą kanonicznego
zbiór osłon kontrolnych elektroprosumeryzmu

Ostona	Strefa wystarczalności sieciowej (poziom napięciowy autonomizacji „off-system”)	Liczba mieszkańców	Roczne zapotrzebowanie energii elektrycznej	Horyzont reelektryfikacji OZE (elektroprosumeryzmu)
		-	TWh	rok
OK(JST1)	nN	12 mln (32%)	56 TWh (28%)	2035-2040
OK(JST2), bez OK(JST1)	nN-SN	7 mln (18%)	32 TWh (16%)	2040-2045
OK(JST3), łącznie z OK(JST4)	nN-SN-110 kV	11 mln (29%)	52 TWh (26%)	2045-2050
OK(JST5), łącznie z OK(JST8)	nN-SN-110 kV, sieć wspomagana układami dosyłowymi offshore	8 mln (21%)	40 TWh (20%)	2050
OK(Pspec.1), OK(Pspec.2), OK(Pspec.3),	wewnętrzna sieć prosumencka + zewnętrzna sieć 110 kV, + wspomagające układy dosyłowe offshore	-	20 TWh (10%)	2050

Tabela 7 jest też heurystyką, ale zbudowaną na mocnych podstawach. Mianowicie, na unifikacji podejścia dedukcyjnego (teoretyczne podstawy skalowania monizmu elektrycznego [1], łącznie z organizacją poznania praktycznego elektroprosumeryzmu za pomocą kanonicznego zbioru osłon kontrolnych – tabela 1) oraz podejścia indukcyjnego (weryfikacja tej unifikacji za pomocą danych empirycznych, czyli danych pochodzących ze skalowania monizmu elektrycznego i danych opisujących osłony kontrolne – tabele 2-5). Pełna koordynacja danych, w długim procesie prób i błędów, oraz wnioski prowadzące do pogłębienia poznania istoty monizmu elektrycznego i elektroprosumeryzmu były najciekawszym doświadczeniem autora w pracy nad artykułem.

Z tabeli 7 wynika jasna odpowiedź, klarowne hipotezy dotyczące programowania praktyki elektroprosumeryzmu (prognozowania horyzontów neutralności klimatycznej). W modelu elektroprosumeryzmu nie będzie paliw kopalnych, a ponadto co najmniej 70% obecnego rynku energii elektrycznej (systemu KSE) zostanie zautonomizowane w wyniku reelektryfikacji OZE, czyli przekształcone w „off system” (system – ang. w polskim kontekście oznacza KSE); nazwa off grid jest już bezużyteczna (do potrzeb opisu rynków elektroprosumeryzmu).

Tabela 7 wyraźnie potwierdza, że w centrum elektroprosumeryzmu jest człowiek (w konsekwencji liczba mieszkańców jest najmocniejszym czynnikiem wpływającym na skalowalność elektroprosumeryzmu). „Wystarczalność” sieciowa oznacza, że ostona OK(-), do której ta wystarczalność się odnosi może być zautonomizowana; przy tym ostona OK(-)

może być nie tylko ostona OK(JST) jak w tabeli 7, ale także ostona prosumencka OK(P), tabela 2 oraz systemu wirtualnego OK(WSE), tabela 5.

Na pewno szokująca jest wystarczalność sieciowa na poziomie sieci nN dla 12 mln mieszkańców wsi, z których każda ma mniej niż 1 tys. mieszkańców. Na takich wsiach nie są potrzebne słupy (przęsła) linii 400 kV, 220 kV, 110 kV, SN, tak jak nie są potrzebne wieżowce Warszawy i metro. Nie muszą one być przyłączone do KSE, mogą być autonomiczne, tak jak 10 mln amerykańskich farm rolniczych (hodowlanych). I nie muszą być biedne, jeśli wykorzystają zasoby, którymi dysponują (gospodarka GOZ, rolnictwo energetyczne, dachy zabudowań gospodarczych). I najcenniejszy zasób – ludzki (wykorzystanie tego zasobu oznacza powszechną budowę na wsiach nowych kompetencji: technicznych, biznesowych i oznacza budowę kapitału społecznego).

Do segmentu osłon OK(JST2), czyli do strefy „wystarczalności” sieci SN, przynależy około 7 mln mieszkańców. Ta liczba mieszkańców nie obejmuje oczywiście mieszkańców przynależnych do segmentu osłon OK(JST1). Obejmuje natomiast 3 mln mieszkańców wsi, o liczbie mieszkańców powyżej 1000 (do 12 tys.). I obejmuje 4 mln mieszkańców miast, nie tylko tych, które są siedzibami gmin miejsko-wiejskich, ale wszystkich miast o liczbie mieszkańców do 50 tys.

Do strefy „wystarczalności” sieci 110 kV przynależy łącznie około 11 mln mieszkańców (29% ludności Polski): 3 mln do osłon OK(JST3) oraz 8 mln do osłon OK(JST4).

Do strefy zasięgu rynku wschodzącego energii elektrycznej 2 (offshore) przynależy łącznie około 8 mln mieszkańców (21% ludności Polski): 3,9 mln w osłonach OK(JST5) i 4,1 mln w osłonach OK(JST6), mianowicie 1,8 mln w Warszawie i 2,1 mln w GZM.

PROPOZYCJA. Nie ma ona w sobie niczego nowego. Wręcz przeciwnie. Jej fundamentem są wartości ponadczasowe i historyczne doświadczenia. Pierwsze, to cztery potrzeby człowieka progresywnego: zakorzenienia, tożsamości, twórczości i relacji (E. Fromm). Elektroprosumeryzm, inaczej niż energetyka paliw kopalnych WEK, daje szansę na pełną realizację tych potrzeb każdemu progresywnemu człowiekowi (a jest to człowiek, który nie godzi się na utratę swojej wolności i bierze za nią odpowiedzialność). Z kolei historyczne doświadczenia, to entuzjazm, który był siłą sprawczą zarówno w wypadku rewolucji przemysłowej (mającej podstawę w energetyce WEK) jak i rewolucji cyfryzacyjnej. To entuzjaści przeprowadzili jedną i drugą. Politycy w jednym i drugim wypadku musieli ulec entuzjazmowi (aby zresztą potem „przykleić” się do nich).

Zatem propozycja w obecnej Polsce nie może być kierowana do kogo innego, jak tylko do prosumentów, pretendentów-innowatorów i samorządów. Do prosumentów dbających o własny interes, jednocześnie jednak rozumiejących i respektujących narastającą siłę interakcji między własnym położeniem oraz bliskim i dalszym otoczeniem, czyli rozumiejących potrzebę odpowiedzialności za wzrost własnych kompetencji i potrzebę budowy kapitału społecznego. Dalej, do pretendentów-innowatorów (pretendentów „małoskalowych”, stanowiących przeciwieństwo podmiotów zasiedziały w energetyce WEK) odpowiedzialnych za swoje innowacje, przede wszystkim ich spójność z właściwościami elektroprosumeryzmu.

Wreszcie, do samorządów (realizujących zadania własne, czyli w tej roli występujących w roli prosumentów, ale ponadto mających do dyspozycji prawo miejscowe, czyli korzystających z atrybutu władztwa, wreszcie respektujących zasadę pomocniczości), zdolnych organizować lokalne społeczności wokół elektroprosumeryzmu.

Odpowiedzialnością i historyczną szansą całej „trójki” jest przejęcie w kolejnych dekadach odpowiedzialności za transformację TETIP, czego żąda logika wyzwania cywilizacyjnego.

* * *

Do 2050 roku jest 30 lat. Jest to okres, który wymaga wizji respektujących megatrendy, inicjujących procesy społeczne, o których da się powiedzieć, że czynią ludzi odpowiedzialnymi za siebie.

W wypadku transformacji TETIP dobrze jest też pamiętać, czym był początek elektryfikacji Polski w 20-leciu po odzyskaniu niepodległości (do wybuchu II wojny światowej), jej powiązanie ze wzrostem miast, budową Gdyni i COP-u. Czym była powszechna elektryfikacja kraju (zakończona w latach sześćdziesiątych) i socjalistyczna industrializacja Polski z permanentnym deficytem mocy w systemie KSE mimo uruchomienia w latach od 1962 do 1984 aż 64 bloków węglowych 200 MW, dwóch bloków 500 MW w latach 1978 i 1979 oraz 12 bloków 360 MW w latach od 1981 do 1988, a ponadto uzyskania w elektrowniach przemysłowych mocy osiągalnej 3800 MW (1970, później moc ta już malała). Wreszcie, czym była decentralizacyjna reforma ustrojowa elektroenergetyki (obejmująca od samego początku prace nad przygotowaniem całkowicie nowego systemu prawnoregulacyjnego zdecentralizowanej elektroenergetyki). Reforma rozpoczęta w 1990 roku, trwająca do czasu przełączenia KSE ze Wschodu na Zachód w 1995 roku. Czym było uchwalenie dobrej ustawy *Prawo energetyczne* w 1997 roku i natychmiastowo rozpoczęte psucie tego prawa za pomocą włączenia w strukturę urzędu regulacyjnego URE, już w momencie jego tworzenia, Okręgowych Inspektoratów Gospodarki Energetycznej (przeniesionych wprost z porządku socjalistycznego), a następnie za pomocą recentralizacji całego sektora zapoczątkowanej w 2000 roku, która po dwudziestu latach doprowadziła do jego dzisiejszej zapaści.

Autor, kierujący propozycją działań w stronę prosumentów, pretendentów-innowatorów i samorządów, sam poczuwa się do odpowiedzialności, aby w świetle doświadczeń początkowej elektryfikacji Polski, socjalistycznej industrializacji, ustrojowej reformy i potem psucia tej reformy przetworzyć pozornie szokujące wyniki przedstawione w tabeli 7 na oddolne programy i przedstawić je w nadchodzących miesiącach użytkownikom platformy PPTe2050 oraz Czytelnikom Biuletynu PPTe2050, ku ogólnemu pożytkowi.

Z poznawczego punktu widzenia najważniejsze jest podjęcie wybranych aspektów porównania struktury wytwórczej KSE i elektroprosumeryzmu. Jednym z nich jest naświetlenie fundamentalnej różnicy ekonomii elektroenergetyki WEK bazującej na paliwach kopalnych, a z drugiej strony ekonomii elektroprosumeryzmu, której kołem zamachowym jest rynek wschodzący 1 energii elektrycznej (rynek RCR) bazujący na źródłach OZE. Przedmiotowy aspekt (różnica ekonomii) obejmuje także naświetlenie fundamentalnej różnicy między niezawodnością

pracy KSE oraz adekwatnością rynkową zasobów podaźowych i popytowych na rynku wschodzącym 1. Tabela 7 pokazuje, że fundamentalna różnica ekonomii, to nic innego jak krańcowa produktywność i krańcowy popyt rządzące rynkami elektroprosumeryzmu. A skutek, to przenoszenie – ostona po ostonie – rynków końcowych energetyki paliw kopalnych na rynki elektroprosumeryzmu.

Naświetlenie przewagi ekonomicznej elektroprosumeryzmu na pewno jest potrzebne entuzjastom, wzmocni ich. Choć ma wątpliwości, że główną motywacją entuzjastów będzie przeświadczenie (świadomość), że tak jak rewolucja przemysłowa realizowana przez entuzjastów doprowadziła do wytworzenia klasy robotniczej, a rewolucja cyfryzacyjna człowieka korporacyjnego, tak pretendent zbiorowy, czyli spersonifikowany proces społeczny będzie, jako trzecia fala elektroprosumeryzmu, człowiekiem wolnym, zdolnym odpowiadać za siebie, a we właściwej części również za innych i za środowisko naturalne.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Popczyk J. *Od działań kryzysowych 2020 do elektroprosumeryzmu 2050 – transformacja energetyki w trybie przelotowym, część 2. Słownik encyklopedyczny teorii i zarys koncepcji rynku wschodzącego 1 na poziomie praktyki. „Energetyka” 2020, nr 5, Biuletyn PPTe2050 nr 1/2020. Również www.ppte2050.pl*
- [2] Bodzek K. *Od analizy profili na ostonach kontrolnych systemu WSE do wskazówek projektowania struktury miksu energetycznego – studium przypadków. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn PPTe2050 nr 2/2020. Również www.ppte2050.pl*
- [3] Jurkiewicz A., Wereszczyński D., Fice M. *Mikroelektrownia biogazowa (μ EB) on-off grid z siecią terminali STD w systemie(WSE) przeznaczonym do testowania w sandboxie – studium przypadku. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn PPTe2050 nr 2/2020. Również www.ppte2050.pl*
- [4] PPTe2050, podstrona Pretendenci-innowatorzy. www.ppte2050.pl
- [5] PPTe2050, podstrona *Strategiczny Projekt Transformacji Energetycznej Warszawy do Monizmu Elektrycznego OZE 2050*. www.ppte2050.pl
- [6] PPTe2050, podstrona *Warszawskie Konwersatorium IE*. Warszawa, styczeń 2020. www.ppte2050.pl
- [7] Szargut J. *Termodynamika techniczna*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej. Gliwice 2011.
- [8] Popczyk J. *Energetyka prosumencka*. Samodzielna Publikacja Europejskiego Kongresu Finansowego (92 strony). Sopot 2014.

Wersja alpha
Gliwice, 22 lipca 2020



Od analizy profili na osłonach kontrolnych systemu(WSE) do wskazówek projektowania struktury miksu energetycznego – studium przypadków

From analysis of profiles on (WSE)system balance envelopes to guidelines concerning the design of energy mix structure – case study

Transformacja polskiej energetyki wymaga zmiany sposobu dostarczania energii elektrycznej, w której niezwykle istotne jest wykorzystanie synergii wynikającej z zastosowania wielu technologii wytwórczych, a także magazynowania energii elektrycznej oraz kształtowania profilu zapotrzebowania. W artykule rozpatruje się cztery charakterystyczne obszary bilansowania – od obszarów wiejskich do Warszawy. Każdy z charakterystyczną strukturą źródeł wytwórczych, dopasowaną do profilu zapotrzebowania. Każdy analizowany za pomocą symulacji wykorzystującej profile zapotrzebowania i produkcji, charakterystyczne dla elektroprosumeryzmu.

Słowa kluczowe: elektroprosumeryzm, symulacyjna weryfikacja, jednostki samorządu terytorialnego

Transformation of the Polish energy industry needs a change in methods of electric energy supply. Hence, extremely important is the use of synergy resulting from application of many generation technologies and also electric energy storage as well as shaping the demand pattern. Here are examined four characteristic balancing zones - from rural areas to the city of Warsaw. Every one of them possesses a characteristic structure of generation sources matching its demand profile and every one is analysed with the help of simulation using demand and production profiles characteristic for electroprosumerism.

Keywords: electroprosumerism, simulative verification, local self-government units

Wstęp

Wykorzystanie zasobów własnych prowadzi do maksymalizacji efektywności, dlatego tak istotne jest tworzenie wirtualnych systemów elektrycznych (WSE) [1] pozwalających osiągnąć nową jakość użytkowania energii elektrycznej. W szczególności w pierwszym etapie wdrażania rozwiązań potrzebny jest operator(WSE) [2], którego głównym zadaniem będzie koordynowanie działania systemu(WSE). Operator ten powinien charakteryzować się znajomością lokalnych uwarunkowań, mieć doświadczenie w prowadzeniu i koordynowaniu inwestycji. Jednak nie mniej ważny w elektroprosumeryzmie jest kapitał społeczny. Dlatego proponuje się tworzenie osłon kontrolnych wokół jednostek samorządu terytorialnego (JST), które mają wszystkie wymienione cechy. Jako przykład można wyróżnić co najmniej dwa klastry, mianowicie Ostrowski Rynek Energetyczny (ORE) [3] zrzeszony wokół grupy kapitałowej Centrum Rozwoju Komunalnego (miejskich spółek komunalnych) oraz klastery energii Zielona Energia Konin, którego koordynatorem jest Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji. Klastry te stawiają sobie za cel osiągnięcie samowystarczalności w pierwszej kolejności spółek komunalnych, a docelowo całego miasta [4, 5]. Tworzenie lokalnych obszarów, które będą mogły się bilansować, odwraca perspektywę transformacji energetycznej z decyzji makroekonomicznych do mikroekonomicznych, gdzie zbiór zbilansowanych (w horyzoncie 2050) systemów(WSE) tworzy krajowy system elektroenergetyczny (KSE).

Rozwój systemów(WSE) wymaga usystematyzowania charakterystycznych, pod względem dostępności technologii wytwórczych oraz kształtu profilu zapotrzebowania, osłon kontrolnych powiązanych z JST, mianowicie [9]:

- OK(JST1) – wieś zasilana ze stacji transformatorowej SN/nN,
- OK(JST2) – gmina (wiejska, miejsko-wiejska), miasto 20-50 tys. mieszkańców,
- OK(JST3) – miasto 50-100 tys. wraz z powiatem (jeśli jest),
- OK(JST4) – miasto 100-500 tys. mieszkańców,
- OK(JST5) – metropolia 0,5-1 mln mieszkańców,
- OK(JST6) – Warszawa, GZM,
- OK(JST7) – powiat („samodzielny”),
- OK(JST8) – województwo.

W artykule ograniczono się do czterech osłon kontrolnych charakterystycznych dla obszarów wiejsko-miejskich: OK(JST1), OK(JST2), OK(JST3), o małej gęstości zapotrzebowania i dużych zasobach własnych (źródła PV, elektrownie wiatrowe) oraz jako uzupełnienie osłoną OK(JST6) dla Warszawy o bardzo dużej gęstości zapotrzebowania i ograniczonych zasobach własnych.

Założenia modelowania

Niezależnie od wielkości osłony, struktura miksu wytwórczego może być dobrana za pomocą jednego modelu kaskadowego, w którym wykorzystuje się 15-minutowe profile

zapotrzebowania i produkcji w źródłach z produkcją wymuszoną, a bilansowanie uwzględni właściwości poszczególnych technologii. Szczegółowy sposób modelowania został opisany w [2, 6]. Różnica w modelowaniu wynika z dostępnych w każdej osłonie kontrolnej technologii.

W ogólnym przypadku, modelowanie za pomocą profili pozwala na uzyskanie wyników tym dokładniejszych, im dokładniej opisany jest rzeczywisty obiekt. Celem artykułu jest pokazanie możliwości pokrycia zapotrzebowania wybranych osłon kontrolnych, gdzie istotną rolę odgrywa bilansowanie. Dlatego w analizie wykorzystano 15-minutowe profile, które są wystarczające do analiz rozwojowych, a dodatkowo ograniczają konieczność stosowania bardzo wydajnych systemów komputerowych.

Założenia wykorzystane w modelowaniu

1. Bilansowanie na podstawie 15-minutowych profili zapotrzebowania i produkcji w źródłach z produkcją wymuszoną.
2. Deficyt energii elektrycznej nie przekracza 1%.
3. Energia, w celu unifikacji i łatwego skalowania jest przedstawiona w jednostkach względnych, %:

$$E^* = \frac{E}{\max(E)|_{\sum E_p=0}} \cdot 100\% \quad (1)$$

4. Moc znormalizowano według formuły:

$$P^* = \frac{P}{\max(P)|_{\sum E_p=0}} \quad (2)$$

5. Elektrownie i mikroelektrownie biogazowe wyposażone są w zasobniki biogazu.
6. Profile kształtowane są za pomocą sygnału z Rynku Czasu Rzeczywistego (RCR) z podatnością 15% [7]. Dodatkowym założeniem jest ograniczenie przesuwania obciążenia w horyzoncie 24 godzin, tzn. pobór energii można przesunąć, ale nie dłużej niż o 24 godziny.
7. Zakłada się, że uczestnictwo w RCR nie jest dodatkowo wynagradzane. Zysk uczestnika rynku wynika z różnicy cen.
8. Pojemność akumulatorów dobrano zgodnie z zależnością: 1 kW w źródłach PV odpowiada 1 kWh pojemności akumulatora.
9. Koszt energii akumulatora uwzględnia tylko rzeczywiste wykorzystanie (wynikające z bilansu energii) i uwzględniła sprawność magazynowania [8].

Wybrane do analizy cztery osłony kontrolne charakteryzują się różnym czasem wykorzystania mocy szczytowej (tab. 1), mianowicie:

- 1 - OK(JST1) – 2500 h,
- 2 - OK(JST2) – 3000 h,
- 3 - OK(JST3) – 3500 h,
- 4 - OK(JST6) – 6500 h.

Czasy te wyznaczono na podstawie rzeczywistych profili wybranych obszarów i mogą się one różnić w określonych przypadkach, w szczególności, jeżeli na obszarach wiejskich istnieje zdecydowanie inna struktura odbiorców niż wynikałoby to z opisywanego regionu (np. duży zakład przemysłowy). Takie przypadki należy potraktować indywidualnie, wykorzystując

rzeczywiste profile, na podstawie których możliwy będzie dobór struktury miksu wytwórczego.

Punktem startowym analizy osłon kontrolnych przedstawionych w artykule była struktura miksu wytwórczego obejmująca sześć technologii, mianowicie:

- 1) gospodarkę obiegu zamkniętego (GOZ),
- 2) mikroelektrownie biogazowe,
- 3) elektrownie biogazowe,
- 4) elektrownie wiatrowe lądowe,
- 5) źródła PV oraz
- 6) elektrownie wiatrowe offshore.

Antycypowana struktura miksu technologii wynika z heurystyk potrzeb pokrycia zapotrzebowania oraz rozwoju technologii.

W strukturze tej wyróżniono cztery charakterystyczne obszary, w tym obszary wiejskie i miasto powiat (75 tys. mieszkańców) [9].

Tabela 1

Technologie dla czterech osłon kontrolnych JST oraz czas wykorzystania mocy szczytowej

Wyszczególnienie	Osłona Kontrolna			
	OK(JST1)	OK(JST2)	OK(JST3)	OK(JST6)
Źródła PV	✓	✓	✓	✓
Mikroelektrownie wiatrowe	✓	✓	✓	✓
Elektrownie wiatrowe	ⓘ	✓	✓	✓
Mikroelektrownie biogazowe	✓	✓	ⓘ	ⓘ
Elektrownie biogazowe	✗	✓	✓	✓
Mineralizacja (GOZ)	✗	ⓘ	✓	✓
Elektrownie wiatrowe offshore	✗	✗	✗	✓
Gazowe źródła kogeneracyjne	ⓘ	ⓘ	ⓘ	✓
Agregaty prądotwórcze (UGZ)	✗	✗	ⓘ	ⓘ
Czas wykorzystania mocy szczytowej, h	2500	3000	3500	6500

Rozwinięciem analizy jest obliczony bilans rozszerzony o trzy technologie wytwórcze (tab. 1), akumulatory i rynek czasu rzeczywistego, pod wpływem którego następuje zmiana sposobu użytkowania energii elektrycznej. Na podstawie wyników heurystyk opracowano tabelę 1, w której zamieszczono spis technologii oraz możliwość wykorzystania ich w analizowanych osłonach kontrolnych. Powiązanie technologii z osłoną kontrolną zostało zaznaczone za pomocą trzech znaczników:

- ✓ – oznacza, że technologia jest wykorzystywana w danej osłonie kontrolnej i uwzględniono ją w analizie struktury wytwórczej;
- ⓘ – oznacza, że technologia może być wykorzystana, ale jest to technologia właściwa dla innej osłony kontrolnej;
- ✗ – oznacza, że jest to technologia, której ze względu na właściwości nie należy stosować w osłonie kontrolnej.

Dla przykładu, elektrownie wiatrowe offshore są właściwe jedynie dla obszarów o dużej gęstości zapotrzebowania (np. Warszawa). Technologię uwzględniono jedynie w osłonie OK(JST6).

Ze względu na stosowane technologie osłony kontrolne scharakteryzowano następująco (tab. 1):

- OK(JST1) – podstawowymi źródłami wytwórczymi są źródła PV i mikroelektrownie biogazowe;

- OK(JST2) – oprócz źródeł PV i mikroelektrowni biogazowych wykorzystuje się również pojedyncze elektrownie wiatrowe (o mocy rzędu 3 MW) oraz elektrownie biogazowe rolniczo-uzylizacyjne klasy 1 MW;
- OK(JST3) – ze względu na większe zapotrzebowanie, w strukturze duży udział mają elektrownie wiatrowe; możliwe jest wykorzystanie technologii mineralizacji odpadów [10] ze względu na wystarczającą ilość ścieków i odpadów;
- OK(JST6) – bardzo duża gęstość zapotrzebowania nie pozwala na pokrycie potrzeb energetycznych jedynie za pomocą zasobów własnych, dlatego konieczne staje się wykorzystanie zasobów zewnętrznych, w tym przypadku energii pochodzącej z elektrowni wiatrowych offshore.

Wynikiem analizy są również koszty krańcowe dostaw energii elektrycznej, uwzględniające koszty wytwarzania oraz opłatę sieciową oszacowaną na podstawie średnich opłat sieciowych poszczególnych operatorów sieci dystrybucyjnych [11]. Uzyskane wyniki uwzględniają medianę cen osiągniętych w skończonych projektach w latach od 2017 do 2019 [12-14] oraz ceny z aukcji energii w roku 2019 [15].

Tabela 2

Koszty krańcowe dostaw energii elektrycznej w OK(JST)
(wytwarzanie + opłaty sieciowe)

Wyszczególnienie	Koszt jednostkowy, PLN/MWh
Źródła PV	250
Mikroelektrownie wiatrowe	550
Elektrownie wiatrowe	350
Mikroelektrownie biogazowe	650
Elektrownie biogazowe	700
Mineralizacja (GOZ)	500
Elektrownie wiatrowe offshore	350
Gazowe źródła kogeneracyjne	400
Agregaty prądotwórcze (UGZ)	1500
Akumulatory	2000

Wskazówki projektowania struktury źródeł wytwórczych

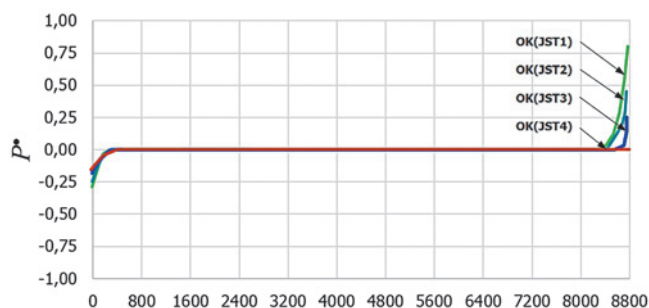
Wykorzystanie modelowania pozwala na obliczenie struktury miksu wytwórczego (dla przyjętych założeń), na podstawie którego mogą zostać sformułowane wskazówki do projektowania systemów(WSE) dla poszczególnych oston kontrolnych w ogólnym przypadku, tu jako studium przypadku czterech wybranych, powiązanych z JST. Uzyskane wyniki zebrano w tabeli 3. Przedstawione w sposób syntetyczny wyniki pozwalają porównać struktury miksu wytwórczego w każdej ostonie, wykorzystanie magazynów energii, a także roczny bilans energii elektrycznej.

Na podstawie 15-minutowych profili niezbilansowania oston kontrolnych obliczono względny profil niezbilansowania wybranych oston kontrolnych JST (rys. 1). Deficyt w każdym przypadku nie przekracza 1% zapotrzebowania, ale inna jest maksymalna moc deficytu oraz czas jego występowania. Jednak w żadnym przypadku moc deficytu nie przekracza 30% (zawsze dostępne jest co najmniej 70% mocy zapotrzebowania), a łączny czas deficytu jest poniżej 200 godzin. Występują również nadwyżki tym większe, im miks wytwórczy obejmuje mniejszą liczbę technologii.

Tabela 3

Struktura źródeł wytwórczych dla wybranych oston OK(JST)

Wyszczególnienie	Ostona Kontrolna			
	OK(JST1)	OK(JST2)	OK(JST3)	OK(JST6)
Względna produkcja energii E^* , %				
Źródła PV	40	40	32	20
Mikroelektrownie wiatrowe	5	5	0	2
Elektrownie wiatrowe	0	25	38	18
Mikroelektrownie biogazowe	55	10	5	0
Elektrownie biogazowe	0	20	25	5
Mineralizacja (GOZ)	0	0	0	5
Elektrownie wiatrowe offshore	0	0	0	38
Gazowe źródła kogeneracyjne	0	0	0	9
Agregaty prądotwórcze (UGZ)	0	0	0	4
Kształtowanie profilu				
Rynek RCR, %	15	15	15	15
Akumulatory, %	8	8	6	4
Roczny bilans energii elektrycznej				
Saldo, %	5	2	0	-1
Nadwyżka, %	6	3	1	0
Deficyt, %	1	1	1	1



Rys. 1. Względny profil niezbilansowania wybranych oston kontrolnych JST

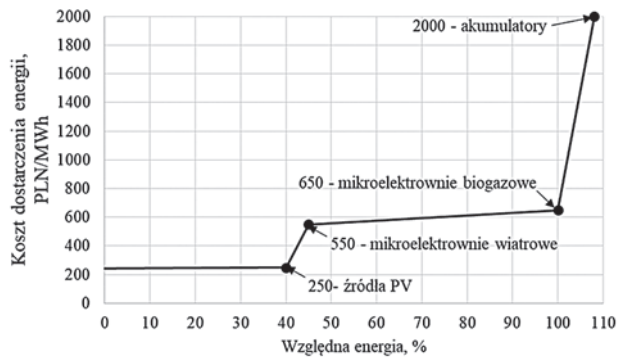
Dla każdej ostony kontrolnej, oprócz struktury miksu wytwórczego, obliczono koszty krańcowe dostarczania energii elektrycznej oraz średnioroczny koszt (bez podatków i marży).

OK(JST1) – wieś zasilana ze stacji transformatorowej SN/nN

Zbilansowanie obszaru wiejskiego zasilanego ze stacji transformatorowej SN/nN realizowane jest za pomocą jedynie czterech technologii OZE, a mianowicie: źródeł PV, mikroelektrowni wiatrowych, mikroelektrowni biogazowych klasy 10 kW – 40 kW, które pełnią funkcję źródeł regulacyjno-bilansujących wspomaganymi przez akumulatory oraz rynek RCR.

Mała liczba technologii wymusiła przewymiarowanie źródeł PV, co spowodowało występowanie nadwyżki energii około 6% ($P^* < 0,8$). Konieczne jest magazynowanie około 8% energii, co przekłada się na najwyższy średnioroczny koszt energii elektrycznej (najwyższy koszt to energia z akumulatorów) wynoszący 485 PLN/MWh. Osiągnięcie deficytu poniżej 1% wymaga dużego udziału produkcji w mikroelektrowni biogazowej (55%). Najwyższa jest również produkcja energii w źródłach PV (40%).

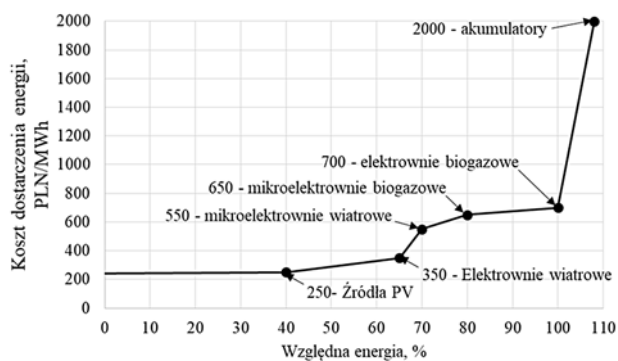
Jednak uzyskane wyniki pokazują, że dobre zbilansowanie jest osiągalne dla osłony OK(JST1). Koszty krańcowe zostały przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. OK(JST1) średnioroczny koszt: 485 PLN/MWh

OK(JST2) – gmina (wiejska, miejsko-wiejska), miasto 20-50 tys. mieszkańców

Zapotrzebowanie gminy pozwala na uzupełnienie miksu energetycznego typowego dla OK(JST1) o elektrownie wiatrowe lądowe. W proponowanej strukturze odpowiadają one za produkcję około 25% energii elektrycznej. Ponieważ profil produkcji w elektrowniach wiatrowych uzupełnia profil produkcji źródeł PV, możliwe było ograniczenie mocy źródeł regulacyjno-bilansujących. Większa dostępność ścieków i odpadów organicznych pozwala ponadto zastosować elektrownie biogazowe klasy 1 MW. Udział energii pochodzącej ze źródeł PV wynosi 40% i konieczne jest jej magazynowanie w akumulatorach. Średnioroczne koszty dostarczania energii wynoszą około 420 PLN/MWh i zostały obniżone, w porównaniu z OK(JST1), ze względu na zmniejszenie produkcji w źródłach regulacyjno-bilansujących. Ponad 65% energii (rys. 3) pochodzi z tanich źródeł z produkcją wymuszoną (źródła PV, elektrownie wiatrowe).

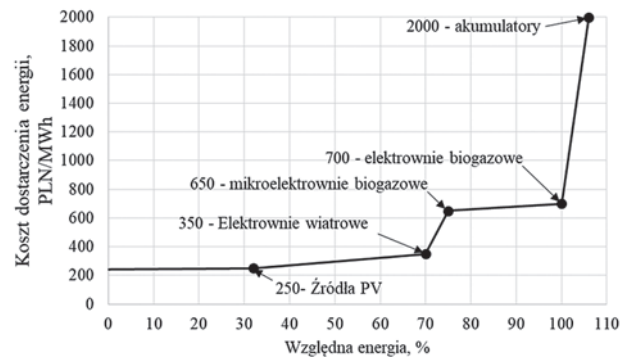


Rys. 3. OK(JST2) średnioroczny koszt: 420 PLN/MWh

OK(JST3) – miasto 50-100 tys. wraz z powiatem

Czas wykorzystania mocy szczytowej w osłonie OK(JST3) wynosi około 3500 h. Duża moc zapotrzebowania pozwala na wykorzystanie najnowocześniejszych elektrowni wiatrowych

o mocach sięgających 6 MW [16] i rocznym czasie wykorzystania mocy zainstalowanej przekraczającym nawet 3500 h. Wpływa to na ograniczenie mocy źródeł regulacyjno-bilansujących, ale również zmniejsza udział produkcji w źródłach PV powodując, że w mniejszym stopniu wykorzystywane są magazyny energii.



Rys. 4. OK(JST3) średnioroczny koszt: 421 PLN/MWh

Również mikroelektrownie wiatrowe, ze względu na wysoką cenę i dostępność energii, nie są uwzględnione w miksie wytwórczym. Została ograniczona względna moc deficytu do wartości $P^* > -0,15$, czyli prawie dwukrotnie w porównaniu z OK(JST1) i OK(JST2). Wykorzystanie najnowocześniejszych technologii zmniejszyło niezbilansowanie, a średnioroczny koszt energii elektrycznej nie zmienił się w porównaniu z tym uzyskanym dla OK(JST2) i wynosi 421 PLN/MWh.

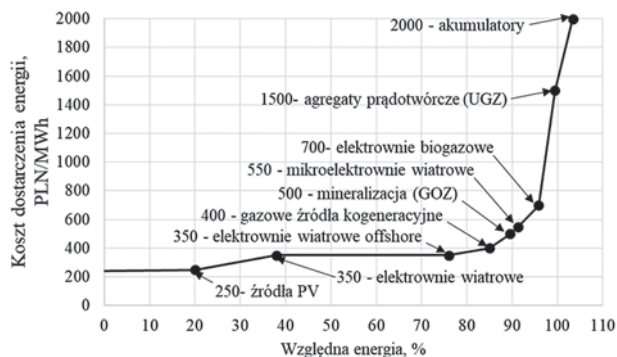
W analizie nie uwzględniono mineralizacji odpadów, która może uzupełnić strukturę miksu wytwórczego.

OK(JST6) – Warszawa

Uzupełnieniem osłon kontrolnych jest osłona OK(JST6), w której wykorzystuje się dostępne technologie łącznie z gazowymi źródłami kogeneracyjnymi i agregatami prądotwórczymi.

Warszawa charakteryzuje się bardzo dużą gęstością zapotrzebowania, stosunkowo małą dostępną powierzchnią do wykorzystania przez źródła OZE i czasem wykorzystania mocy szczytowej prawie dwukrotnie wyższym od osłon OK(JST1) do OK(JST3). Bilans energetyczny musi zostać uzupełniony o energię pochodzącą z elektrowni wiatrowych offshore, ale należy podkreślić, że będą one konkurować z największymi (najnowocześniejszymi) elektrowniami wiatrowymi lądowymi. Z przeprowadzonej analizy wynika, że cena energii pochodzącej z tych technologii jest porównywalna, jednak ze względu na odległość różnią się profilami produkcji, co pozwala wykorzystać efekt synergii w pokrywaniu zapotrzebowania. Wykorzystanie wielu technologii prowadzi do najlepszego zbilansowania osłony OK(JST6) i uzyskania najniższego średniorocznego kosztu wynoszącego 400 PLN/MWh.

Należy pokreślić, że osłona ta ma zupełnie inne właściwości, ale sposób obliczenia struktury wytwórczej nie zmienił się. Jest to niewątpliwą zaletą wykorzystania modelowania za pomocą profili.



Rys. 5. OK(JST6) średnioroczny koszt: 400 PLN/MWh

Podsumowanie

Przedstawione w artykule wybrane struktury mikсів wytwórczych mogą być wykorzystane do wstępnej analizy możliwości pokrycia zapotrzebowania w elektroprosumeryzmie. Uzyskane wyniki pozwoliły na opracowanie wskazań projektowania struktury wytwórczej systemów(WSE), które zostały syntetycznie zebrane w tabeli 3. Wyniki te pozwoliły również na sformułowanie ogólnych wniosków dotyczących wszystkich osłon kontrolnych.

Komentarza wymagają uzyskane wyniki średniorocznych kosztów dostaw energii elektrycznej uzyskanych w ramach przeprowadzonej analizy (tab. 4). Dla osłony kontrolnej OK(JST1), w której odbiorcy to głównie gospodarstwa domowe z taryfą G, uzyskany koszt 485 PLN/MWh jest niższy od uśrednionego kosztu dostaw energii dla gospodarstw domowych (średnia ważona dla wszystkich taryf G), który wyniósł w 2019 r. 536 PLN/MWh [15].

W osłonie OK(JST2) uśredniony koszt może być niższy ze względu na możliwość negocjacji cen np. przez obiekty gminne, przy czym niższy jest również obliczony koszt dostaw. Średnie ceny energii w osłonach OK(JST3), a szczególnie w OK(JST6), ze względu na odbiorców w taryfie B i A, będą natomiast porównywalne z cenami dostaw energii uzyskanymi w analizie. Podsumowując analizę można sformułować wniosek, że uzyskane koszty dostaw energii nie będą wyższe od obecnych.

Tabela 4

Średnioroczny koszt dostaw energii elektrycznej

Wyszczególnienie	Osłona Kontrolna			
	OK(JST1)	OK(JST2)	OK(JST3)	OK(JST6)
Koszt energii, PLN/MWh	485	420	421	400

Należy podkreślić, że obliczone ceny uwzględniają wdrożenie mechanizmów kształtowania profilu (RCR) i w pilotażowych osłonach ceny mogą być wyższe. Z drugiej strony wzrost kosztów wytwarzania energii w źródłach konwencjonalnych oraz spadek nakładów inwestycyjnych źródeł OZE prowadzi do sytuacji, w której wdrożone na masową skalę rozwiązania spowodują spadek cen dostaw energii w elektroprosumeryzmie (efekt skali zostanie zastąpiony efektem fabrycznym).

Wykorzystanie różnych technologii potęguje efekt synergii, dlatego osłony kontrolne, w których do wytwarzania energii stosuje się wiele technologii, charakteryzują się niższą ceną i lepszym zbilansowaniem.

W analizie nie uwzględnia się możliwości produkcji energii w osłonach OK(JST1) do OK(JST3) w źródłach kogeneracyjnych, chociaż w tabeli 1 dopuszczono taką możliwość. Dla obecnych cen gazu i uprawnień za emisję kogeneracja gazowa jest technologią, która przejściowo może pełnić funkcję źródła bilansująco-regulacyjnego (w pewnych przypadkach jest konkurencyjna nawet ze źródłami PV), nie może jednak być traktowana jako technologia docelowa.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Popczyk J., Bodzek K., Fice M., *Wirtualny minisystem elektroenergetyczny*. <https://www.cire.pl>, <http://ppte2050.pl/>
- [2] Bodzek K., *Wirtualny System Elektryczny*. „Energetyka” 2020, nr 5.
- [3] Popczyk J., Bodzek K., Grzeškowiak J., *Wirtualny minisystem elektroenergetyczny. Wielkopolska Południowa*. <https://www.cire.pl>, <http://ppte2050.pl/>
- [4] Strona internetowa Klastra ORE: <http://www.crkenergia.pl/p/ore.html> – dostęp 31.06.2020.
- [5] Strona internetowa Klastra Zielona Energia Konin: <http://www.pwik-konin.com.pl/pl/1/108/klaster-energii> – dostęp 31.06.2020.
- [6] Bodzek K., *Bilans energetyczny klastra w kontekście aktualnej sytuacji polskiej elektroenergetyki i gwałtownego rozwoju źródeł OZE*, „Śląskie Wiadomości Elektryczne” 2019, nr 5.
- [7] Popczyk J., Bodzek K., Fice M., Pilsniak A., Sztymelski K., Wojcicki R., *Cenotwórstwo 2*. <https://www.cire.pl>, <http://ppte2050.pl/>
- [8] Popczyk J., Bodzek K., *Alternatywa dla planowanej elektrowni wodnej w Siarzewie w kontekście bezpieczeństwa energetycznego*. Raport WWF, Warszawa 2020.
- [9] Popczyk J., *Trzy fale elektroprosumeryzmu*. „Energetyka” 2020, nr 7.
- [10] Bąk T., *Mineralizacja niskotemperaturowa – GOZ – elektroprosumeryzm: technologie i ekonomia*. <http://ppte2050.pl/>
- [11] Popczyk J., Bodzek K., Dębowski K., Fice M., Wójcicki R., *Cenotwórstwo 1*. <https://www.cire.pl>, <http://ppte2050.pl/>
- [12] *Renewable Power Generation Costs in 2019*: International Renewable Energy Agency IRENA. www.irena.org
- [13] *EU energy trends and macroeconomic performance*. Cambridge Econometrics, 2017.
- [14] *The state of renewables energies in Europe 2019*, <https://www.eurobserv-er.org/>
- [15] Strona Urzędu Regulacji Energetyki: <https://www.ure.gov.pl>
- [16] Strona internetowa firmy Siemens Gamesa.: <https://www.siemensgamesa.com>



Mikroelektrownia biogazowa (μ EB) on-off grid z siecią terminali STD w systemie(WSE) przeznaczonym do testowania w sandboxie – studium przypadku

Micro biogas power plant (μ EB) on-off grid type with a network of STD terminals in the (WSE)system dedicated for testing in a sandbox – case study

Uzyskane wyniki bilansów dla przykładowej wiejskiej sieci nN w osłonie OK(WSE- μ EB) wskazują na duży potencjał technologii mikroelektrowni μ EB. Przeprowadzona analiza pokazała możliwości techniczne budowy zbilansowanych energetycznie systemów(WSE). Uzyskane niezbilansowania nie są krytyczne z punktu widzenia dostępnych technologii. Dalsze iteracje bilansów (profilu niezbilansowania) na etapie inwestycji, a następnie w czasie normalnej eksploatacji, umożliwią pretendantom-innowatorom segmentu urządzeń oraz IT dopasowanie swoich produktów i wygenerowanie oferty zaspokajającej potrzeby podmiotów przyłączonych do systemów(WSE). Krytyczny z punktu widzenia infrastruktury technicznej jest terminal STD i jego certyfikowanie.

Słowa kluczowe: mikroelektrownia biogazowa, przekształtnik energoelektroniczny, elektroprosumeryzm, system(WSE), osłona kontrolna

The acquired balance results for an exemplary rural LV network in OK(WSE- μ BP) envelope show the great potential of μ EB plants technology. The carried out analysis revealed technological possibilities to build energy balanced (WSE)systems. Achieved imbalances are not critical from the point of view of accessible technologies. Further balance iterations (imbalance profiles) at the investment stage and then during the time of regular operation will enable the pretenders-innovators, from equipment and IT segment, to properly match their products and generate an offer meeting the needs of entities connected to (WSE)systems. The critical, from the point of view of technical infrastructure, is the STD terminal and its certification.

Keywords: micro biogas power plant, electronic power converter, electroprosumerism, (WSE)system, balance envelope

Dążenie do wydzielania osłon kontrolnych spod regulacji częstotliwościowej Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSE), czyli autonomizacja energetyczna osłon kontrolnych bez ich odłączania od sieci, jest drogą rozwoju rynku elektroprosumeryzmu w warstwie infrastruktury technicznej. Szczególnie, jeśli jest to osłona OK(WSE), czyli osłona wirtualna, w której infrastruktura techniczna, głównie źródła energii, będą dobierane „na wymiar” (oznaczenia osłon kontrolnych opisano w prezentacji [1] oraz w [2]). Autonomię osłon kontrolnych (prawie wszystkich) technicznie można już osiągnąć, przy czym im osłona obejmuje większą liczbę podmiotów, tym łatwiej jest wykorzystać efekt skalowalności do zbilansowania mocy czynnej, tak jak ma to miejsce w systemie KSE. Idąc w drugą stronę, czyli zawężając obszar obejmowany osłoną, koszt autonomizacji rośnie, ale tylko pozornie (z perspektywy ekonomii korporacyjnej energetyki WEK). Jeśli rozwiązania infrastruktury technicznej (źródła, magazyny, technologie IT) będą testowane w sandboxach, na modelu rynku wschodzącego 1 (ryнку RCR), to znajdują się pretendenci-innowatorzy wypracowujący mechanizmy ekonomiczne wykorzystujące potencjał nowych technologii nie podnosząc cen. Wykorzystany zostanie potencjał zasobów lokalnych (w szczególności pracy i gospodarki obiegu zamkniętego) do obniżenia kosztów eksploatacyjnych źródeł regulacyjno-bilansujących.

Technologią wpisującą się w model wykorzystania lokalnych zasobów oraz gospodarki obiegu zamkniętego jest mikroelektrownia biogazowa (μ EB) w osłonie OK(KSER2), na terenie wsi zasilanej z jednej stacji transformatorowej SN/nN i wykorzystanie

naturalnych zasobów energetycznych w postaci m.in. odpadów rolno-hodowlanych oraz przetwórstwa rolno-spożywczego. W mikroelektrowni μ EB do napędu generatora stosowany jest typowy silnik spalinowy wykorzystywany w maszynach rolniczych. Silnik taki jest łatwo adoptowalny do zasilania różnymi rodzajami paliw węglowodorowych (w tym biogazem o przeciętnej 50-procentowej zawartości metanu). Na bazie mikroelektrowni μ EB można zbudować system(WSE) z siecią terminali STD umieszczony w sandboxie, a następnie testować rozwiązania z zakresu infrastruktury technicznej, prawa i ekonomii.

Uwarunkowania mikroekonomiczne technologii μ EB

Charakterystyka wsi podatnej na reelektryfikację OZE za pomocą mikroelektrowni μ EB obejmuje strukturę sieci w tej wsi i dostęp do odpadów (substratów dla mikroelektrowni μ EB) w odniesieniu do zapotrzebowania na energię. Podmiotami przyłączonymi do linii nN w analizowanej wsi są głównie niskotowarowe gospodarstwa rolne i gospodarstwa domowe (gospodarstwa rolne socjalne) z własnymi ogródkami oraz niewielkimi hodowlami przeznaczonymi na potrzeby własne. Struktura sieci powiązana jest zazwyczaj z infrastrukturą drogową, która obejmuje jedną lub kilka łączących się ulic. Zaletą takiej struktury są niewielkie odległości dostaw substratów realizowanych przez mieszkańców we własnym zakresie.

Cechą charakterystyczną osłony OK(WSE- μ EB) z mikroelektrownią μ EB jest zbudowanie relacji pomiędzy uczestnikami lokalnego mikrorynku energii nie tylko za pomocą infrastruktury technicznej terminali STD i źródeł OZE, ale również dostawą „paliwa” dla źródła regulacyjno-bilansującego. Mianowicie, model funkcjonowania takiej osłony wykorzystuje relacje sąsiedzkie mieszkańców wsi. Relacje te związane są często z np. ekonomią korzystania z infrastruktury rolniczej (model współużytkowania maszyn rolniczych zaczął funkcjonować w sposób naturalny, bez ekonomicznych modeli naukowych). Dostarczanie substratów dla mikroelektrowni μ EB uwzględnia głównie lokalną społeczność (mieszkańcy/rolnicy, przedsiębiorcy) redukując jednocześnie koszty utylizacji odpadów. W ten sposób tworzona jest więź formalna, mająca na celu zapewnienie dostaw energii po konkurencyjnej cenie.

Zbudowanie relacji społeczno-ekonomicznych jest zadaniem operatora(WSE), którym najlepiej jeśli byłby właściciel mikroelektrowni μ EB. Przy czym możliwe są też inne warianty, w których właściciel mikroelektrowni μ EB „wynajmuje” operatora(WSE) lub też operator(WSE) „wynajmuje” mikroelektrownię μ EB. Najważniejsze jest to, że pod względem infrastruktury technicznej osłony kontrolnej to podmiot posiadający mikroelektrownię μ EB wraz z siecią terminali STD zarządzanych przez operatora(WSE) jest centralnym węzłem konsolidującym system(WSE) na etapie inwestycji oraz eksploatacji.

Należy zwrócić uwagę na nieproporcjonalny rozkład kosztów inwestycyjnych w osłonie OK(WSE- μ EB). Źródło biogazowe jest co najmniej kilkukrotnie droższe (ok. 20 tys. PLN/kW) od innych technologii prosumenckich, np. źródła PV (cena rynkowa wynosi ok. 4 tys. PLN/kW). Jednak absolutnie nie można porównywać kosztów inwestycyjnych, ponieważ charakterystyka tych źródeł jest zupełnie inna i inny jest ich stopień oraz charakter wykorzystania [3]. Dlatego model funkcjonowania systemu(WSE) mógłby być zbudowany na kosztach zmiennych (dostarczania substratów), a nie na kosztach inwestycyjnych. Model biznesowy prosumenta nie uwzględnia zysków ze sprzedaży energii elektrycznej. Uzysk finansowy prosumenta uwzględnia głównie redukcję kosztów zakupu energii elektrycznej względem kosztu inwestycji w prosumenckie źródło OZE (zarówno mikroelektrownia μ EB jak i źródło PV zaliczane są do tej kategorii). Jednakże mikroelektrownia μ EB pełni dwie funkcje:

- źródła prosumenckiego do zaspokajania własnych potrzeb energetycznych w osłonie OK(P5i),
- źródła regulacyjno-bilansującego do świadczenia usługi systemowej oraz zaspokajania potrzeb energetycznych uczestników systemu(WSE).

Z tego względu nie może być traktowana tylko jak źródło prosumenckie, ponieważ generacja energii do zasilania osłony OK(P5i) odbywa się równolegle z generacją energii oddawaną do sieci i sprzedawaną pozostałym podmiotom przyłączonym do systemu(WSE).

Podstawowe cechy systemu(WSE) z mikroelektrownią μ EB on-off grid

Mikroelektrownia μ EB zasilana biogazem z biogazowni utylizacyjnej lub rolniczych jest jedną z krytycznych technologii wytwórczych na trajektorii transformacji TETIP na obszarach wiejskich.

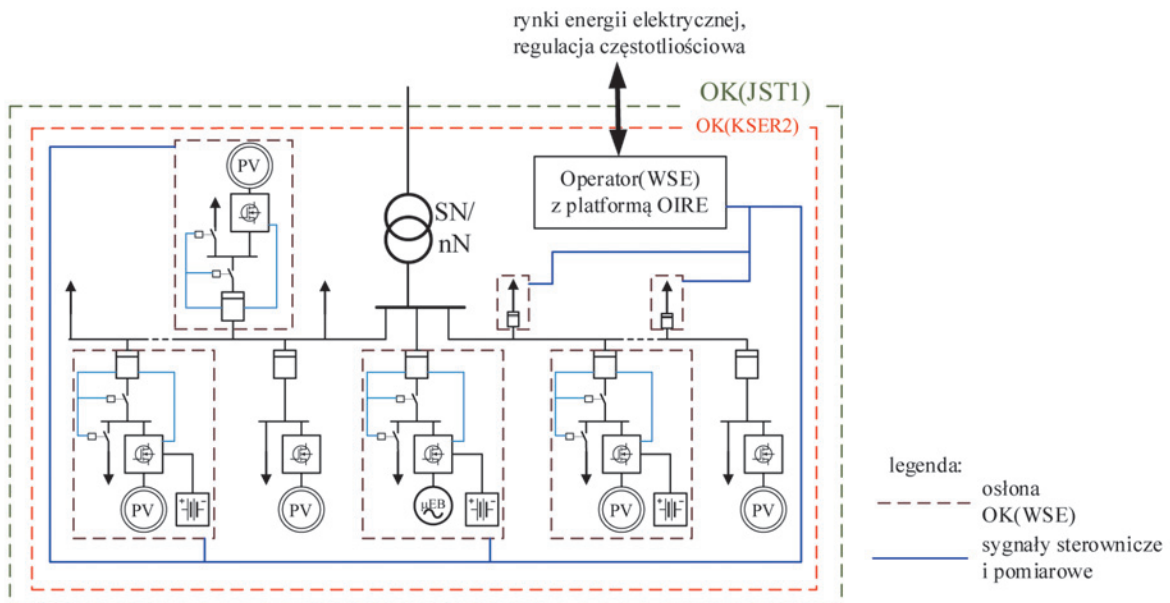
Decydują o tym trzy przyczyny:

- po pierwsze – w początkowej fazie procesu transformacyjnego przyczyną są/będą rosnące ceny usług utylizacji odpadów i jednocześnie ceny energii;
- po drugie – mikroelektrownia μ EB jest technologią zapewniającą wzrost niezawodności dostaw energii elektrycznej na obszarach wiejskich (nękanych wzrastającą intensywnością rozległych awarii sieciowych, mających przyczynę w ekstremalnych, z punktu widzenia sieci napowietrznych, warunkach meteorologicznych);
- po trzecie – własności regulacyjne jednostki napędowej (silnika spalinowego) mikroelektrowni μ EB są porównywalne z własnościami ciągników i maszyn rolniczych (są niewiele gorsze od własności samochodów); zatem nadaje się, jako źródło regulacyjno-bilansujące do współpracy ze źródłami OZE z generacją wymuszoną (przede wszystkim z mikroinstalacjami PV).

W pełni funkcjonalny system(WSE) z mikrobiogazownią μ EB w warstwie infrastruktury technicznej powinien mieć zdolności regulacyjne mocy czynnej (zagadnienia te są rozważane w aspekcie dostaw energii elektrycznej, nie rozważa się tutaj zagadnień związanych z bilansem mocy bierniej, choć w dalszej części artykułu są poruszane kwestie rozkładu napięcia w liniach nN). Zdolności te muszą być kontrolowane przez operatora(WSE) na etapie inwestycyjnym w celu dopasowania inwestycji w źródła OZE z generacją wymuszoną do rzeczywistych potrzeb energetycznych, a w procesie eksploatacyjnym w celu maksymalnego wykorzystania potencjału infrastruktury sieciowej oraz źródeł i zasobników energii. Całkowite zbilansowanie energetyczne powoduje, że osłona OK(WSE- μ EB) jest niewidoczna dla regulacji pierwotnej (częstotliwościowej) w systemie KSE.

Ważną cechą osłony OK(WSE- μ EB) jest możliwość odłączenia od sieci na poziomie transformatora SN/nN. Dlatego pojęcie off-grid w tym przypadku nie dotyczy wyodrębnionego gospodarstwa rolnego (ale może dotyczyć), lecz mikrosystemu elektroenergetycznego z mikroelektrownią μ EB w osłonie OK(KSER2), obejmującej gospodarstwo (gospodarstwa) rolne/hodowlane oraz przyłączonych do tej samej sieci nN innych odbiorców/prosumentów. Praca off-grid systemu(WSE) jest przypadkiem szczególnym takiego systemu, możliwym do realizacji nie tylko ze względów technicznych, ale również wówczas, kiedy wszystkie podmioty w tej sieci są przyłączone do osłony OK(WSE- μ EB). Należy zaznaczyć, że włączenie wszystkich podmiotów do osłony OK(WSE- μ EB) w tej samej sieci nN nie jest warunkiem niezbędnym funkcjonowania systemu(WSE).

Na rysunku 1 pokazano przykładową sieć nN z oznaczeniem obiektów włączonych do osłony OK(WSE- μ EB) (brązowa linia przerywana). Osłona OK(WSE- μ EB) w rozpatrywanym przypadku znajduje się w całości wewnątrz osłony OK(KSER2) i OK(JST1) (nazewnictwo odnosi się do formalnych związków poszczególnych osłon kontrolnych i pełniących przez nie funkcji) i obejmuje podmioty przyłączone do linii nN przez terminale STD, przy czym terminal STD jest własnością osłony OK(P). Posiadanie terminala STD jest warunkiem koniecznym włączenia do osłony OK(WSE- μ EB). W pokazanej sieci nie wszyscy prosumenci i odbiorcy są objęci osłoną OK(WSE- μ EB).



Rys. 1. Przykład osłony OK(WSE) z mikrobiogazownią μ EB i siecią terminali STD wraz z siecią sygnałów sterowniczych i pomiarowych

Operator(WSE), podmiot zarządzający, jest skomunikowany z terminalami STD oraz reprezentuje system(WSE) na zewnętrznych rynkach energii, łącznie z rynkiem schodzącym WEK i pełni funkcję operatora handlowo-technicznego. Infrastruktura sieciowa nie jest własnością operatora(WSE) i systemu(WSE), przy czym dostęp do niej jest możliwy przez terminal STD i jest wykorzystywana na zasadach współużytkowania zasobów sieciowych. Korzystną opcją może być przejęcie istniejącej sieci przez operatora(WSE), jednakże nie jest to sprawa krytyczna.

Funkcjonowanie systemu(WSE) oraz operatora(WSE) wymaga ustanowienia reguł, na podstawie których będą przygotowane umowy z podmiotami w osłonie OK(WSE- μ EB).

Poniżej zestawiono najważniejsze wybrane warunki i reguły formalne funkcjonowania systemu (WSE) – tzw. ogólne warunki umowy pomiędzy operatorem(WSE) i podmiotami w osłonie OK(WSE- μ EB).

1. Operator(WSE) powinien być właścicielem mikroelektrowni μ EB. Osłona OK(P5i), w której znajduje się mikroelektrownia μ EB, pełni funkcję podmiotu odpowiedzialnego za usługi regulacyjno-bilansujące w osłonie OK(WSE- μ EB). Nie jest to warunek krytyczny, ale uprości zarządzanie systemem(WSE), ponieważ nie będzie potrzeby powoływania dodatkowego podmiotu prawnego.
2. Podmiot w osłonie OK(P) może zostać przyłączony do osłony OK(WSE- μ EB), jeśli będzie posiadał certyfikowany terminal STD. Terminal STD zapewnia obserwowalność i realizowalność warunków umowy, w tym szczególnie wymogu kształtowania profilu na osłonie OK(P) w celu nieprzekraczania parametrów energetycznych nałożonych przez operatora(WSE) oraz parametrów elektrycznych nałożonych przez właściciela sieci nN (najczęściej operatora OSD).
3. Terminal STD jest elementem infrastruktury technicznej osłony kontrolnej OK(P). W skład terminalu STD wchodzi: układy pomiarowo-licznikowe, układy komunikacyjne i sterujące oraz łączniki i przekształtniki energoelektroniczne. Podmioty włączone do osłony OK(WSE- μ EB) muszą dosto-

sować i kontrolować parametry energetyczne na przyłączy do sieci nN wykorzystując infrastrukturę techniczną, np. za pomocą przekształtnika i akumulatora. Ograniczenia na przyłączy są nakładane przez operatora (WSE- μ EB) i operatora OSD, których niemożność spełnienia na etapie inwestycyjnym dyskwalifikuje podmiot z przyłączenia do systemu(WSE).

4. W przypadku przekroczenia umownych ograniczeń (umowa już została podpisana, a podmiot przyłączony) osłona OK(P) może zostać odłączona od sieci przez operatora(WSE).
5. Operator(WSE) reprezentuje system(WSE) na zasadach zapisanych w ogólnych warunkach umowy, na rynku wchodzącym i rynku schodzącym WEK. Reprezentacja ma na celu zawieranie i realizację kontraktów handlowych z rynkami zewnętrznymi oraz rozliczeń wewnątrz osłony OK(WSE- μ EB).
6. Operator(WSE) za pomocą terminali STD realizuje ochronę sieci operatorskiej systemu(WSE).
7. Operator(WSE) monitoruje realizację dostaw substratów dla mikroelektrowni μ EB.
8. Zwymiarowanie źródła regulacyjno-bilansującego oraz źródeł OZE z generacją wymuszoną poprzedzone jest przygotowaniem bilansu zapotrzebowania energetycznego osłony OK(WSE- μ EB) i określeniem potencjału lokalnych zasobów dostarczania substratów dla mikroelektrowni μ EB.

Struktura sieci nN pokazana na rysunku 1 nie jest przypadkowa. Uwzględnia ona sposób przyłączenia źródła o znacznie większej mocy od pozostałych przyłączy. Przy czym lokalizacja przyłącza z mikroelektrownią μ EB będzie zawsze rozpatrywana w kontekście lokalnych warunków techniczno-ekonomicznych. Jeśli z transformatora wychodziłaby tylko jedna linia, to korzystnym mogłoby się okazać przyłączenie w środku tej linii (chodzi o zachowanie symetrii rozptyłów mocy). Należy też zwrócić uwagę na to, że nie wszystkie podmioty w osłonach OK(P) oraz nie wszyscy odbiorcy znajdują się w osłonie OK(WSE- μ EB). Taki stan pokazuje ideę wirtualizacji osłony OK(WSE).

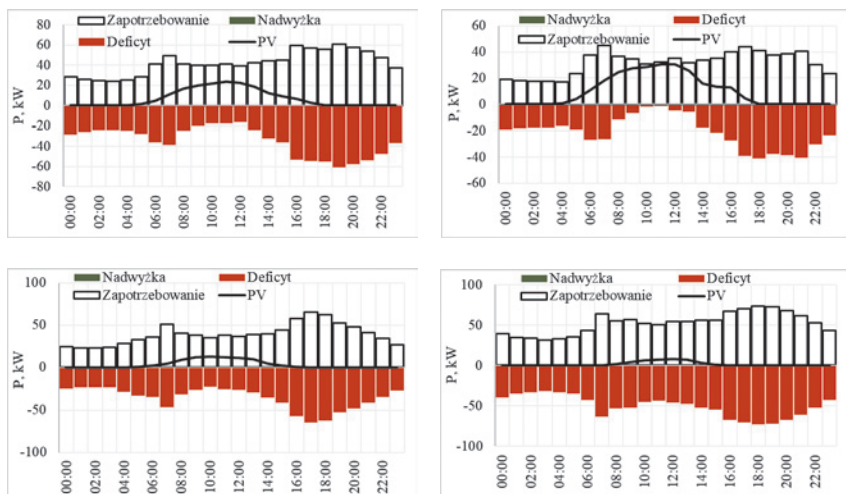
Mianowicie, podmioty powiązane są formalnie umowami i technicznie przez terminale STD (przez profile niezbilansowania na ostonie kontrolnej), a nie przez infrastrukturę sieciową. Pozostałe podmioty nieprzyłączone do ostoni OK(WSE- μ EB) funkcjonują na rynku wschodzącym 1.

Studium inwestycyjne funkcjonowania sieci terminali STD

Zbilansowanie systemu(WSE) i jednocześnie niedopuszczenie do przewymiarowania źródeł OZE wymaga planu inwestycyjnego. Plan ten uwzględni przede wszystkim uwarunkowania techniczne, szczególnie dwie grupy parametrów:

- zapotrzebowanie energetyczne wraz z profilem zapotrzebowania w celu oceny mocy zainstalowanej źródeł oraz ograniczenia źródła regulacyjno-bilansującego,
- ograniczenia sieciowe w węzłach przyłączenia.

Zapotrzebowanie energetyczne systemu(WSE) wraz z profilem zapotrzebowania pozwala określić moc źródeł OZE z regulacją wymuszoną i regulacyjno-bilansujących oraz pojemność magazynów stosując model na miedzianej płycie. W celu przeprowadzenia takiej analizy przyjęto przykładową sieć nN na rysunku 1, do której przyłączone są gospodarstwa domowe oraz gospodarstwa rolne. Zapotrzebowanie energetyczne ostoni OK(WSE- μ EB) wynosi ok. 350 MWh, a moc szczytowa, dla mocy czynnej uśrednionej w okresach godzinowych, wynosi ok. 100 kW. Analizując sezonowe zmiany profilu zapotrzebowania, rozsądną mocą wszystkich źródeł PV jest 50 kW. Wartość ta nie przekracza mocy szczytowej profilu zapotrzebowania w ostonie OK(WSE- μ EB), co gwarantuje wykorzystanie energii ze źródeł PV wewnątrz systemu(WSE). Wartość ta wynika z pierwszej iteracji doboru mocy źródeł z generacją wymuszoną, czyli zestawienia sumarycznego profilu zapotrzebowania ostoni OK(WSE- μ EB) i profilu generacji źródeł PV w tej ostonie (rys. 2 – charakterystyczne profile dla różnych pór roku). Uwzględniając całkowite wykorzystanie energii ze źródeł PV w ostonie OK(WSE- μ EB) (50 MWh) deficyt wynosi 300 MWh.

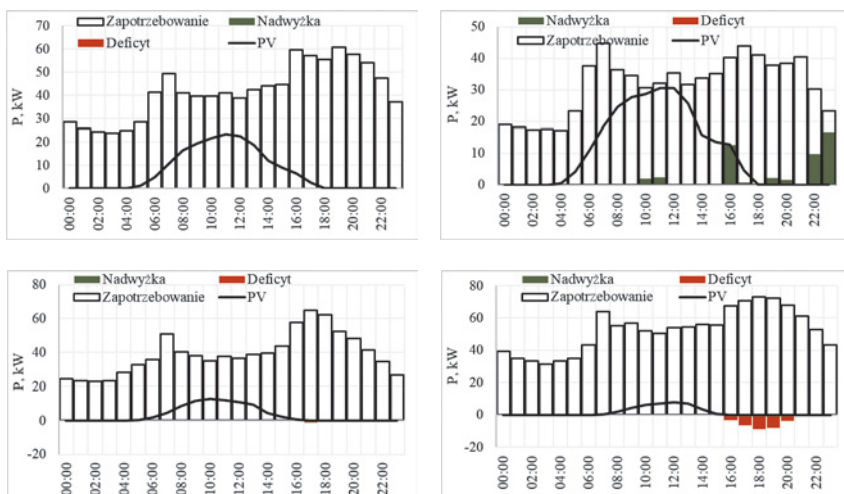


Rys. 2. Charakterystyczne profile średniej godzinowej mocy czynnej: zapotrzebowania ostoni OK(WSE- μ EB), generacji źródła PV i deficytu w analizowanym systemie(WSE), od lewej na górze profile dla kolejnych pór roku: wiosna, lato, jesień, zima

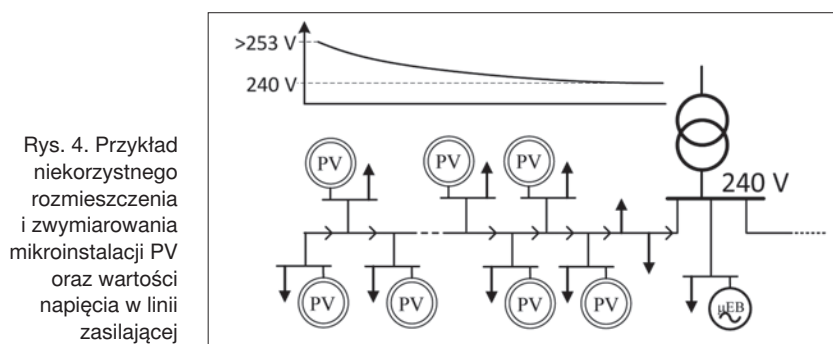
W drugiej iteracji należy wziąć pod uwagę ograniczenia źródła regulacyjno-bilansującego i ograniczenia sieciowe. Ograniczenia te są zaprogramowane w terminalu STD dla określonej lokalizacji przyłącza, przy czym ograniczenia sieciowe są definiowane i parametryzowane przez właściciela sieci nN (najczęściej opera-

tora OSD), a ograniczenia mikroelektrowni μ EB – przez producenta urządzenia. Parametry ograniczeń związanych z chwilowym bilansem mocy są aktualizowane w czasie rzeczywistym na podstawie ciągłego monitorowania wskazań układów licznikowo-pomiarowych terminali STD. Zależnie od modelu funkcjonowania systemu(WSE) operator wysyła, za pośrednictwem terminala STD, sygnał (techniczny lub cenowy) wpływający na profil niezbilansowania w ostonach OK(P). W pierwszej kolejności brana jest pod uwagę ostoną OK(P5i), w której znajduje się źródło regulacyjno-bilansujące. Po wyczerpaniu zdolności regulacyjnych mikroelektrowni μ EB sygnały sterujące mogą być wysyłane do pozostałych oston. W zależności od wyposażenia infrastruktury technicznej w ostonach OK(P) odpowiedź na ten sygnał może być realizowana po stronie odbiorników, magazynów lub źródła OZE. Taki mechanizm wpływa korzystnie na wykorzystanie źródła regulacyjno-bilansującego, ponieważ bilans (kształt profilu zapotrzebowania) całego systemu (WSE) jest w dużym zakresie podporządkowany mikroelektrowni μ EB. Ponadto przyczynia się do poprawy autokonsumpcji (*self dispatching*) i wzmacnia pewność dostawy energii do odbiorcy/prosumenta.

Mikroelektrownia μ EB o mocy znamionowej prądnicy (i takiej samej wydajności strumienia biogazu) 50 kW może wyprodukować rocznie 400 MWh (przyjmując przeciętny czas wykorzystania mocy znamionowej 8000 godz./rok). Z analizy wynika, że energia niezbędna do zbilansowania ostoni OK(WSE- μ EB) wynosi 300 MWh, czyli czas wykorzystania mocy znamionowej wyniesie 6000 godzin. Zaletą mikroelektrowni μ EB jest możliwość przeciążania prądnicy względem mocy znamionowej. Przyjęto, że prądnica może być przeciążana do 65 kW. Aby zapewnić przeciążalność źródła μ EB niezbędne jest wyposażenie mikrobiogazowni w zasobnik biogazu. Problem doboru pojemności zasobnika nie będzie tutaj analizowany. Należy jednak wyjaśnić, że dobór pojemności zasobnika biogazu jest związany nie tylko z bilansem energetycznym ostoni kontrolnej, ale również z możliwością wpływania na proces produkcji biogazu. Sterowanie wydajnością procesu fermentacji można porównać do regulacji godzinowej w systemie KSE, ponieważ czasy reakcji chemicznych mają bezwładność kilku godzin. Najważniejsze jest jednak sterowanie procesem w taki sposób, aby zapewnić ciągłość pracy mikroelektrowni μ EB.



Rys. 3. Charakterystyczne profile średniej godzinowej mocy czynnej: zapotrzebowania ostony OK(WSE- μ EB), generacji źródła PV i profilu niezbilansowania (deficytu i nadwyżki) w analizowanym systemie(WSE) z mikroelektrownią μ EB o mocy 50 kW, od lewej na górze profile dla kolejnych pór roku: wiosna, lato, jesień, zima



Rys. 4. Przykład niekorzystnego rozmieszczenia i zwiarowania mikroinstalacji PV oraz wartości napięcia w linii zasilającej

Przeprowadzone symulacje dla przyjętej sieci ze źródłami PV oraz mikroelektrownią μ EB o mocy 50 kW wykazały (rys. 3), że największe niezbilansowania występują w lecie (nadwyżki) i zime (deficyty). Letnie nadwyżki wynikają z ograniczenia minimalnej mocy mikroelektrowni μ EB wynoszącej 10% mocy znamionowej (5 kW) i jednocześnie generacji źródeł PV, a także z napełnienia zasobnika biogazu i konieczności utrzymania generacji energii elektrycznej z mocą zabezpieczającą przed przepiętniem zbiornika. Roczna nadwyżka energii w ostonie OK(WSE- μ EB) wynosi ok. 4 MWh, a roczny deficyt nie przekracza 10 MWh. Obliczenia wykonano dla profili mocy czynnej uśrednionej w okresie godziny. W rzeczywistości wystąpią większe chwilowe wartości mocy niezbilansowania niż pokazane na rysunku 3. Jest to jednak zagadnienie na pograniczu studium inwestycyjnego i eksploatacyjnego (operatorskiego) funkcjonowania sieci terminali STD.

Problem niezbilansowania będzie widoczny szczególnie w przypadku systemu (WSE) off-grid, ponieważ z powodu przekraczania ograniczeń źródła regulacyjno-bilansującego niezbędne będą reakcje po stronie odbiorców/prosumentów, wynikające z zapewnienia parametrów jakościowych energii elektrycznej w całym systemie(WSE). Ujemne niezbilansowanie ostony OK(WSE- μ EB) spowoduje obniżenie napięcia w sieci (częstotliwość jest regulowana przez przekształtnik mikroelektrowni μ EB). Stan taki nie jest traktowany negatywnie, lecz wpłynie w sposób naturalny na wyposażanie oston OK(P) w zasobniki do krótkookresowej regulacji mocy.

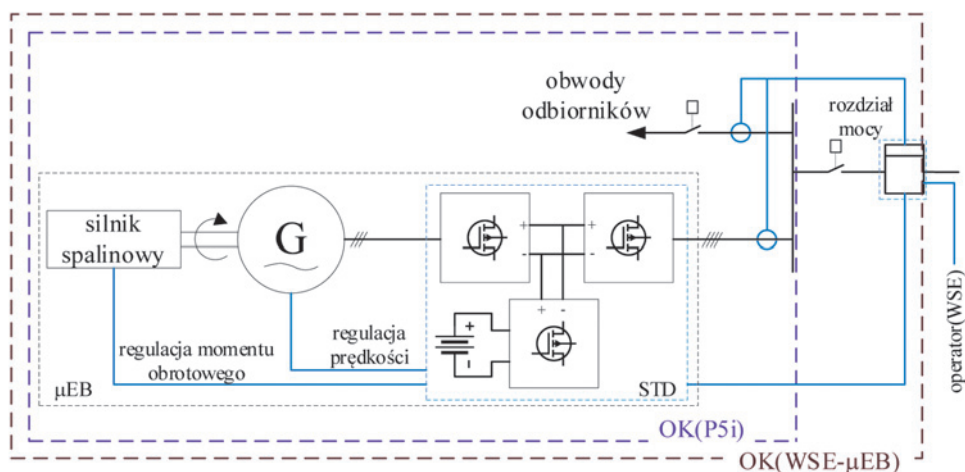
Zdefiniowanie i sparametryzowanie ograniczeń sieciowych jest obowiązkiem właściciela sieci nN (najczęściej operatora OSD). Poprawnie zdefiniowane ograniczenia sieciowe mają na celu zmaksymalizować wykorzystanie sieci (i nie dopuścić do przeciążenia oraz utrzymać wartość napięcia na przyłączach w dopuszczalnych granicach). Wartość napięcia na szynie nN w stacji transformatorowej SN/nN jest

tak dobierana, aby na całej długości linii 230/400V nie przekroczyła wartości dopuszczalnej (maksymalnej 253 V i minimalnej 207 V dla napięcia fazowego). Operatorzy OSD konfigurują sieci i transformatory SN/nN w taki sposób, aby na końcach linii napięcie nie było niższe od dopuszczalnego (zasada dotychczas obowiązująca i wynikająca z braku lub niewielkiego nasycenia źródłami OZE). Upowszechnianie się mikroinstalacji fotowoltaicznych bardzo szybko pokazało, że mogą występować problemy z utrzymaniem parametrów jakościowych – wartości napięcia [6].

Efektom wzrostu napięcia ponad wartość dopuszczalną jest wyłączenie się falowników PV. Źródła rozproszone wpływają na kierunek przepływu energii i węzły spływu. Efektom zmiany kierunku przepływu energii elektrycznej jest również zmiana kierunku spadków napięcia, jak pokazano na rysunku 4.

Poprawnie zdefiniowane i sparametryzowane przez operatora OSD ograniczenia sieciowe w każdym węźle przyłączeniowym pozwolą na zaplanowanie rozmieszczenia źródeł PV oraz ich wielkość (moc). Rolą terminala STD jest kontrolowanie tych ograniczeń, a w przypadku przekroczenia nastąpi odłączenie podmiotu od sieci zasilającej. Mając do dyspozycji terminal STD ograniczenia sieciowe mogą być zdefiniowane jako dobowy profil z dopuszczalnym pasmem mocy czynnej i biernej w węźle przyłączeniowym.

W przypadku systemu(WSE) off-grid nadwyżki energii spowodują wzrost napięcia w sieci (wszystkie źródła są wyposażone w przekształtniki energoelektroniczne). Stosowane falowniki dla źródeł PV mają zaimplementowane zabezpieczenia w przypadku zmian napięcia w sieci. Przyczyną różnic konfiguracji są falowniki, dlatego reakcja na wzrost napięcia może być trudna do kontrolowania. Krytyczną sytuacją będzie cykliczne wyłączenie i załączanie falowników PV, co mogłoby doprowadzić również do wyłączenia mikroelektrowni μ EB z powodu dużego deficytu mocy. Pojawiają się już na rynku rozwiązania falowników umożliwiających sterowanie mocą wyjściową, z pominięciem algorytmu MPPT (ang. maximum power point tracking – poszukiwanie punktu mocy maksymalnej). Wówczas możliwe będzie doprowadzenie, przez terminal STD, sygnału sterującego falownikami PV w celu redukcji mocy. Jednak lepszym rozwiązaniem będzie wyposażenie ostony OK(P) w akumulator bilansują-



Rys. 5. Schemat blokowy osłony kontrolnej OK(P5i) z mikroelektrownią μ EB włączoną do osłony OK(WSE- μ EB) jako źródło regulacyjno-bilansujące

cy, wówczas redukcja mocy nastąpi tylko na przyłączy, a źródło PV nie będzie ograniczane. Kolejną zaletą mikroelektrowni μ EB z terminalem STD wyposażonym w falownik jest możliwość zmiany częstotliwości napięcia w sieci osłony OK(WSE- μ EB) off-grid do wartości, przy której falowniki źródeł PV muszą zredukować moc lub się wyłączyć.

Studium eksploatacyjne (operatorskie) funkcjonowania sieci terminali STD – struktura techniczna terminala STD dla mikroelektrowni μ EB

Cechą charakterystyczną dla analizowanej osłony OK(WSE- μ EB), pokazanej na rysunku 1, jest wyposażenie terminala STD w przekształtnik energoelektroniczny w każdej osłonie OK(P) (osłonie prosumenckiej). Terminal STD jest warunkiem koniecznym przyłączenia do osłony OK(WSE- μ EB), a jego wyposażenie zależeć będzie od stosowanych w osłonie technologii. Wyposażenie źródła fotowoltaicznego w przekształtnik (falownik) jest wymagane koniecznością dopasowania parametrów elektrycznych źródła DC do sieci prądu przemiennego. Wyposażenie osłony OK(P) w przekształtnik akumulatorowy (zintegrowany z falownikiem fotowoltaicznym lub niezależny) jest domeną rynku energii bez wsparcia dla źródeł OZE i instalacji off-grid, a także wszędzie tam, gdzie zachodzi konieczność kształtowania profilu generacji źródła OZE. Na rynku wschodzącym 1 akumulator jest naturalnym uzupełnieniem dla źródła OZE z generacją wymuszoną, przy czym w tym wypadku źródło fotowoltaiczne zyskuje funkcjonalność kształtowania profilu niezbilansowania na osłonie OK(P) (funkcjonalność bilansowania w osłonie prosumenckiej).

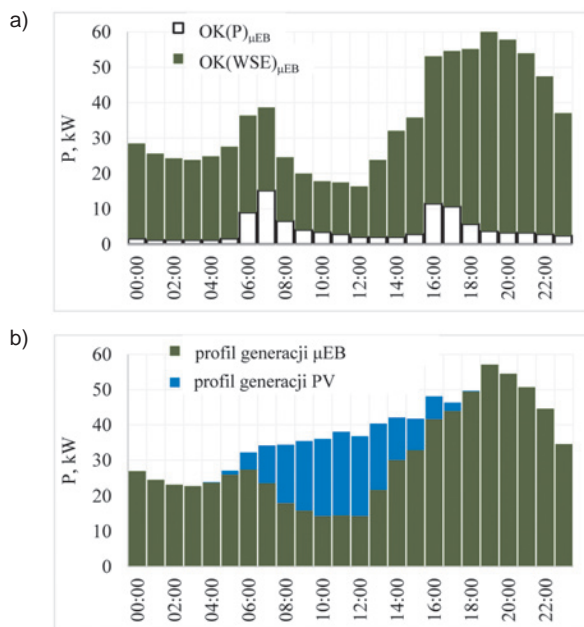
Wyposażenie mikroelektrowni μ EB w przekształtnik energoelektroniczny pozwala na pełne wykorzystanie własności tego źródła w trybie regulacyjno-bilansującym (rys. 5). Typowym rozwiązaniem dla mikroelektrowni μ EB jest zastosowanie taniej prądnicy indukcyjnej, wymagającej do wzbudzenia źródła mocy biernej, najczęściej sieci zasilającej. Wyposażając prądnicę indukcyjną w przekształtnik energoelektroniczny i akumulator uzyskuje się źródło z regulacją mocy czynnej i biernej oraz możliwością pracy w trybie off-grid.

Zaznaczona na rysunku 5 osłona OK(P5i) odcina infrastrukturę techniczną na szynach zbiorczych rozdzielni głównej, aby uwydatnić pełnione funkcje mikroelektrowni μ EB:

- źródło prosumenckie do bilansowania zapotrzebowania wewnątrz osłony OK(P5i),
- źródło regulacyjno-bilansujące dla osłony OK(WSE- μ EB).

Dualność osłony OK(P5i) wymaga zastosowania mechanizmu rozliczeniowego uwzględniającego podział profilu generacji mikroelektrowni μ EB na profil wewnątrz osłony OK(P5i) i profil dla osłony OK(WSE- μ EB).

Na rysunku 6 pokazano przykładowe profile generacji mikroelektrowni μ EB z uwzględnieniem podziału na profil osłony OK(P5i) i osłony OK(WSE- μ EB).



Rys. 6. Profile skumulowane zapotrzebowania i generacji energii w osłonie OK(P5i) oraz OK(WSE- μ EB); a) podzielony profil mocy generowanej przez mikroelektrownię μ EB, b) profil mocy mikroelektrowni μ EB w osłonie OK(WSE- μ EB) oraz profil generacji netto źródeł PV

Pokazano również profil netto generacji wszystkich źródeł PV. Profil netto oznacza, że jest to suma profili widocznych na osłonach OK(P) energii wprowadzonej do sieci.

Największą trudnością w doborze infrastruktury technicznej sieci terminali STD w systemie(WSE) off-grid jest zbilansowanie mocy z czasem regulacji na poziomie regulacji pierwotnej (sekundowej). Dla analizowanego systemu(WSE) źródłem regulacyjno-bilansującym i jednocześnie układem stabilizacji częstotliwości i napięcia jest mikroelektrownia μ EB z terminalem STD wyposażonym w układ przekształtnikowy. Zastosowanie przekształtnika pozwala na wykorzystanie taniej prądnicy asynchronicznej oraz uzyskanie szybkiej regulacji częstotliwości i napięcia. Standardowe układy UGZ stosowane przez operatorów OSD do zasilania linii nN w okresach awarii i napraw wyposażone są w prądnice synchroniczne. Wymagania jakościowe dla energii elektrycznej sieci zasilanych z agregatów prądowców zależą od klasy zasilanych odbiorników [8]. Stosowane powszechnie agregaty są przystosowane do zasilania odbiorników klasy 1 i 2, dla których zmiana częstotliwości przy nagłym zmniejszeniu lub zwiększeniu mocy może sięgać 10% (± 5 Hz), a czas odbudowy częstotliwości nie powinien być dłuższy niż 5-10 s. Typowe odbiorniki AGD, napędy i oświetlenie zazwyczaj będą funkcjonować poprawnie. W przypadku falowników źródeł PV takie wartości są niedopuszczalne i falownik wyłączy się.

W analizowanym układzie za częstotliwość generowanego napięcia w trybie off-grid odpowiada falownik sieciowy, a za prędkość obrotową układu silnik-prądnica odpowiada falownik silnikowy (rys. 5). Podstawowy bilans mocy czynnej P_{OK} w osłonie kontrolnej można opisać równaniem:

$$P_{OK} = \sum_{i=0}^k P_{G_i} - P_{WW} - \sum_{i=0}^j P_{O_i} - \sum_{i=0}^l P_{Z_i} = 0 \quad (1)$$

gdzie:

- P_{G_i} – moc i-go źródła wewnątrz osłony kontrolnej,
- P_{WW} – moc węzła wymiany – dla analizowanej osłony OK(WSE) jest to jeden węzeł w punkcie styku z siecią WEK,
- P_{O_i} – moc i-go odbiornika,
- P_{Z_i} – moc i-go zasobnika energii.

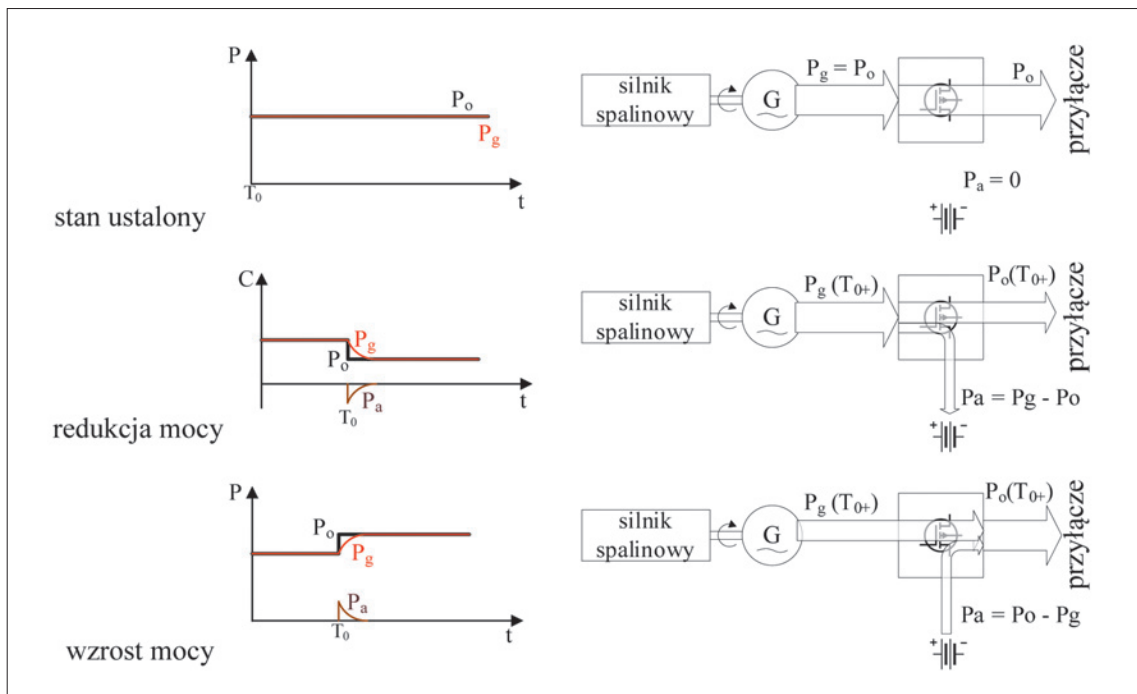
Jak w każdym systemie elektroenergetycznym, w systemie(WSE) off-grid podaż mocy czynnej musi równoważyć popyt. Jest to podstawowe kryterium regulacji mocy czynnej w osłonie kontrolnej. Mianowicie, jest to dążenie do zbilansowania mocy bez przepływu energii elektrycznej przez węzeł wymiany (dla systemu(WSE) off-grid $P_{WW} = 0$):

$$\sum_{i=0}^k P_{G_i} - \sum_{i=0}^j P_{O_i} - \sum_{i=0}^l P_{Z_i} = 0 \quad (2)$$

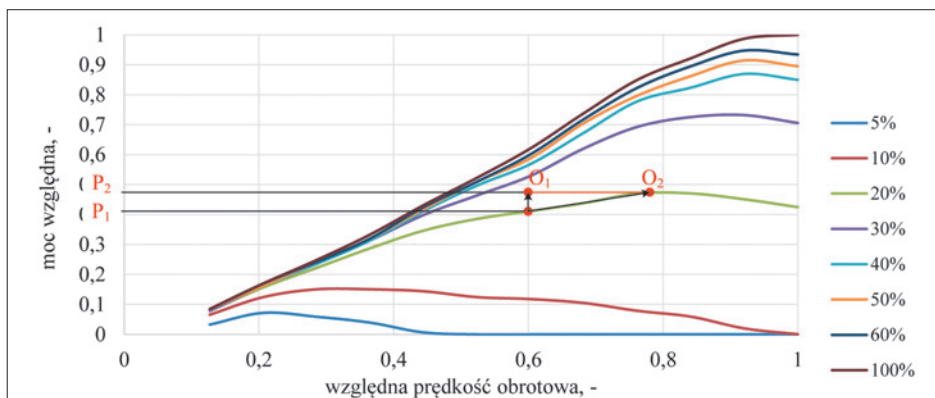
Aby możliwe było szybkie bilansowanie mocy czynnej z wykorzystaniem mikroelektrowni μ EB układ przekształtnikowy został wyposażony w bufor energii – akumulator. W stanach dynamicznych (nieustalonych) dodatkowa energia pobierana jest z akumulatora lub oddawana do akumulatora. W celu regulacji mocy zespołu silnik-prądnica sterownik terminala STD ma do dyspozycji możliwość zmiany prędkości obrotowej prądnicy (co jednocześnie przekłada się na zmianę mocy) i zmianę nastawy dawki paliwa (zmiana położenia przepustnicy wpływa na zmianę momentu obrotowego).

Na rysunku 7 pokazano charakterystyczne stany pracy mikroelektrowni μ EB oraz przebiegi mocy czynnej:

- 1) stan ustalony,
- 2) stan obniżania mocy,
- 3) stan zwiększania mocy.



Rys. 7. Stany pracy mikroelektrowni μ EB, wykresy mocy (po lewej), schematy przepływu mocy (po prawej)



Rys. 8.
Charakterystyki częściowe
mocy silnika spalinowego
w funkcji prędkości
obrotowej
dla zmiennego
otwarcia przepustnicy

Przedstawione na schematach, dla stanów nieustalonych, symboliczne wartości mocy występują w czasie T_{0+} , czyli tuż po zmianie wartości mocy obciążenia.

Czas reakcji regulacji mocy zależy od:

- dostępnej mocy akumulatora (a ta zależy od pojemności),
- czasu reakcji napędu przepustnicy.

Zmianę mocy napędowej silnika spalinowego można wykonać na dwa sposoby, przez:

- 1) zmianę ilości doprowadzanej mieszanki paliwowo-powietrznej,
- 2) zmianę prędkości obrotowej.

Możliwe (i pożądane) jest stosowanie obu metod jednocześnie w celu uzyskania możliwie dużej dynamiki układu.

Na rysunku 8 pokazano przykładowe charakterystyki mocy silnika spalinowego dla zmiennego otwarcia przepustnicy. Zmiana mocy z wartości P_1 do P_2 możliwa jest na trajektorii zmian prędkości obrotowej pomiędzy punktami O_1 i O_2 (czerwona linia) i adekwatnego otwarcia przepustnicy.

Może wydawać się, że takie sterowanie mocą jest nadmierne skomplikowane, a taki sam efekt można uzyskać przez sterowanie tylko otwarciem przepustnicy. Jednakże takie rozwiązanie jest ograniczone charakterystyką zewnętrzną (przy maksymalnym otwarciu przepustnicy). Dodatkowo sterując prędkością obrotową można ustalać punkty pracy przy najmniejszym zużyciu paliwa oraz pozostawiać zapas momentu obrotowego (punkty pracy na płaskiej charakterystyce momentu obrotowego) potrzebnego do uzyskania dużej dynamiki regulacji.

Zakończenie

Poruszone w artykule zagadnienia wygenerowały wiele kolejnych w aspektach regulacji prawnych sandboxu, szczególnie w sferze ogólnych warunków umowy dla uczestników systemu (WSE). Natomiast uzyskane wyniki bilansów dla przykładowej wiejskiej sieci nN w ostonie OK(WSE- μ EB) wskazują na duży potencjał technologii mikroelektrowni μ EB. Przeprowadzona analiza pokazała możliwości techniczne budowy zbilansowanych energetycznie systemów (WSE). Uzyskane niezbilansowania nie są krytyczne z punktu widzenia dostępnych technologii. Dalsze iteracje bilansów (profilu niezbilansowania) na etapie inwestycji, a następnie w czasie normalnej eksploatacji, umożliwią prezydentom-innowatorom segmentu urządzeń oraz IT dopasowanie

swoich produktów i wygenerowanie oferty zaspokajającej potrzeby podmiotów przyłączonych do systemów (WSE).

Krytycznym z punktu widzenia infrastruktury technicznej jest terminal STD (w tym przypadku sieć terminali STD) i jego certyfikowanie. Formalne związki podmiotów na rynku energii elektrycznej wymagają wykorzystania infrastruktury technicznej certyfikowanej pod względem bezpieczeństwa użytkownika oraz metrologicznej. Zagadnienia związane z bezpieczeństwem użytkownika urządzeń i kompatybilności elektromagnetycznej mają odzwierciedlenie w normach krajowych i międzynarodowych. Natomiast w przypadku prowadzenia rozliczeń są to nowe zagadnienia, które należy testować i rozwiązywać w potrzebnych sandboxach.

PIŚMIENNICTWO

- [1] Popczyk J., *Potencjał unifikacji i skalowalności elektroprosumeryzmu w perspektywie trzech fal jego stawania się*. www.ppte2050.pl, Bazowe Konwersatorium IE, Gliwice, 23.06.2020.
- [2] Popczyk J., *Trzy fale elektroprosumeryzmu*. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn PPTe2050 nr 2/2020.
- [3] Bodzek K., *Od analizy profili na ostionach kontrolnych systemu WSE do wskazówek projektowania struktury miksu energetycznego – studium przypadków*. „Energetyka” 2020, nr 7, Biuletyn PPTe2050 nr 2/2020.
- [4] Wereszczyński D., Jurkiewicz A., Fice M., *Mikrobiogazownie rolnicze KMR-mikroelektrownia biogazowa (20-50 kW) on-off grid*. www.ppte2050.pl, zakładka Pretendenci-Innowatorzy, Opole 2020.
- [5] Popczyk J., Bodzek K., Fice M., Wereszczyński D., *Prosumencki model mikrosystemu elektroenergetycznego z mikroelektrownią μ EB na rynku wschodzącym 1 energii elektrycznej*. www.cire.pl, www.ppte2050.pl, Gliwice 2018.
- [6] Topolski Ł., *Wpływ fotowoltaiki na sieć dystrybucyjną na przykładzie pomiarów wykonanych na terenie gminy Ochotnica Dolna*. www.ppte2050.pl, Bazowe Konwersatorium IE, Gliwice, grudzień 2019.
- [7] Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Dystrybucyjnej, *Tauron Dystrybucja*
- [8] PN – ISO 8528-5 Zespoły prądowórcze. Zespoły prądowórcze zasilane silnikiem tłokowym.

