

doi:10.15199/48.2024.08.05

# Handlowo-techniczne bilansowanie energii w obszarach sieci dystrybucyjnej

**Streszczenie.** W artykule omówiono problemy wywołane przez rosnący udział generacji rozproszonej we współczesnych systemach elektroenergetycznych. Przedstawiono nową koncepcję rozwiązywania zagadnienia bilansowania mocy czynnej w obszarach sieci dystrybucyjnych, opartą o wykorzystanie nowych struktur organizacyjnych takich jak: klastry energii, wydzielone systemy dystrybucyjne, spółdzielnie energetyczne, wirtualne elektrownie i grupy bilansujące.

**Abstract.** The article discusses the problems caused by the growing share of distributed generation in modern power systems. A new concept of solving the issue of active power balancing in the areas of distribution networks is presented, based on the use of new organizational structures such as: energy clusters, separate distribution systems, energy cooperatives, virtual power plants and balancing groups. (**Commercial and technical balancing of energy in the areas of the distribution network**).

**Słowa kluczowe:** generacja rozproszona, rynek energii, bilansowanie energii, sieci dystrybucyjne

**Keywords:** distributed generation, energy market, energy balancing, distribution networks.

## Wstęp

Rozwój technologii wytwarzania rozproszonego energii elektrycznej, rosnąca rola prosumentów, tworzenie klastrów energii i spółdzielni energetycznych powodują istotną zmianę roli i funkcji sieci dystrybucyjnych. Sieci średnich napięć, które były projektowane do jednokierunkowego przesyłania energii: z sieci przesyłowej do odbiorców końcowych, muszą być przystosowane do nowych warunków technicznych, związanych z lokalnymi zmianami kierunku przepływu. Brak dostosowania sieci do takiej sytuacji powoduje problemy z przepustowością sieci, lokalne problemy z utrzymaniem poziomu napięć i ograniczenia możliwości odbierania energii od prosumentów. Te nowe wyzwania muszą być rozwiązywane przez technologiczną modyfikację sieci, ale także przez działania handlowe, sprzyjające lokalnemu równoważeniu bilansu mocy.

Obecnie w systemie bilansowanie mocy i energii czynnej odbywa się w sposób scentralizowany, a najważniejszą funkcję w tym zakresie pełni Rynek Bilansujący i rynek regulacyjnych usług systemowych. Po zmianie mikstu energetycznego i zwiększeniu roli generacji rozproszonej oraz nowych struktur lokalnych integrujących odbiorców, prosumentów i małych wytwórców, konieczne będzie wprowadzenie do systemu mechanizmów rynkowych organizujących bilansowanie obszarowe i przejmujących część zadań od Rynku Bilansującego.

Potrzeba bilansowania lokalnego wynika z konieczności rozwiązywania problemów technicznych i handlowych. Przez rozwiązanie problemów technicznych można zmniejszyć wyzwania dla sieci dystrybucyjnej, polegająca na ograniczeniu przepływów pomiędzy siecią przesyłową a dystrybucyjną i uzyskanie większej przewidywalności przepływów, pozwalających na łatwiejsze prowadzenie ruchu sieci i zmniejszających zapotrzebowanie na centralne działania regulacyjne i bilansujące. Problemy handlowe, których rozwiązanie mogłoby wspomóc bilansowanie lokalne to: uproszczenie rozliczeń w ramach lokalnych wspólnot, lepsze wykorzystanie zasobów lokalnych i generowanie impulsów rynkowych, sprzyjających powstawaniu lokalnych wspólnot energetycznych.

Lokalne bilansowanie energii w obszarach sieci dystrybucyjnej stanowi istotne wyzwanie techniczne dla systemu elektroenergetycznego, a w szczególności dla Operatorów Systemów Dystrybucyjnych (OSD). Istniejące

sieci dystrybucyjne nie były projektowane z myślą o konieczności realizacji takich zadań. Projektowano je by zapewnić jednokierunkowy przepływ energii z sieci przesyłowej do odbiorców końcowych, a głównym zadaniem Operatorów było zapewnienie ciągłości zasilania odbiorców, przy odpowiednich parametrach jakościowych energii elektrycznej. Wprowadzenie obszarowego bilansowania stwarza więc nie tylko wyzwania organizacyjne i handlowe, ale także techniczne: konieczność realizacji nowych zadań z wykorzystaniem istniejącej infrastruktury technicznej i konfiguracji układów sieciowych.

## Struktury lokalne w systemach elektroenergetycznych

Przemiany rynkowe i decentralizacja wytwarzania w systemach elektroenergetycznych, spowodowały próby organizowania nowych lokalnych struktur pozwalających na lepszą integrację nowych źródeł wytwórczych z systemem. Obecny trend przemian mikstu energetycznego, szczególnie w krajach europejskich, skierowany jest na maksymalne wykorzystanie lokalnych zasobów odnawialnych. Źródła odnawialne powodują liczne problemy integracji z systemem, wynikające głównie z ich charakteru produkcji, wymuszonego okresowo zmienną dostępnością źródła energii. Obecnie jednym z zasadniczych celów tworzenia lokalnych struktur organizacyjnych w systemach elektroenergetycznych jest ułatwienie ich integracji z systemem, poprzez próbę tworzenia lokalnie zbilansowanych struktur, zdolnych do lokalnej konsumpcji energii i ograniczenia wymiany energii z odległymi obszarami systemu. Tworzenie struktur integrujących wytwórców i odbiorców pozwala, przynajmniej częściowo, takie cele realizować [1].

Na poziomie hurtowego handlu energią można za takie struktury uznać:

- wirtualne elektrownie,
- grupy bilansujące.

Idea funkcjonowania obu podmiotów jest podobna i polega na wykorzystaniu wzajemnego bilansowania mocy i energii pomiędzy podmiotami wchodzącymi w ich skład. Względem systemu struktury tych typów mogą oferować zarówno możliwość utrzymania wymiany energii na przewidywalnym (zadeklarowanym w kontaktach) poziomie, jak i dostawę usług regulacyjnych w zakresie mocy czynnej o krótszych czasach dostępu. Tworzenie wirtualnych elektrowni i grup bilansujących napotyka ciągle na problemy

polegające na pozyskiwaniu w składzie struktury odpowiednio elastycznych podmiotów gotowych dostatecznie szybko zmieniać swoją produkcję lub pobór energii, by reagować na trudno przewidywalne zachowania odnawialnych źródeł energii wchodzących w skład wirtualnej elektrowni lub grupy bilansującej.

Na poziomie rynków detalicznych podobną rolę mogą pełnić [1,2]:

- wydzielone systemy dystrybucyjne,
- grupy prosumenckie,
- spółdzielnie energetyczne,
- klastry energii,
- większe struktury lokalne typu „wysp energetycznych” o różnym stopniu integracji z systemem.

Formalno-prawne umocowanie w Polsce mają: spółdzielnie energetyczne, klastry energii i wydzielone systemy dystrybucyjne. Działając w obszarze sieci dystrybucyjnej struktury te współdziałają z Operatorami Systemów Dystrybucyjnych (OSD).

Niestety obecne zapisy prawne niedostatecznie definiują zasady na jakich Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych mają współpracować z lokalnymi strukturami. Poza zasadami ewentualnego przejmowania lub włączania fragmentów istniejącej sieci w skład nowej struktury, pozostają otwarte problemy związane z: utrzymaniem, zarządzaniem oraz koniecznym rozwojem infrastruktury sieciowej. Na świecie testuje się takie rozwiązania jak np. [3,4,5]: współdzielenie infrastruktury sieciowej, bądź zmniejszenie opłat przesyłowych dla uczestników wydzielonej struktury w zamian za partycypację w kosztach rozwoju i utrzymania sieci. Można też rozważyć dzierżawę lub leasing sieci przez OSD na rzecz nowej struktury. Trzeba podkreślić, że w obecnych uregulowaniach krajowych nie ma możliwości sprzedaży infrastruktury sieciowej OSD w prywatne ręce (na rzecz spółdzielni lub klastra energii).

Budowa własnej, w pełni alternatywnej infrastruktury sieciowej na potrzeby lokalnej struktury, niezależnej od istniejącej sieci OSD, nie powinna być rozważana, jako rozwiązanie nieefektywne ekonomicznie i sprzeczne z celami ogólnospołecznymi. Oceniając pozycję OSD względem nowo powstającej struktury należy zauważyć liczne jego przewagi względem nowych podmiotów lokalnych. Dodatkowo pozycję tę wzmacnia brak technicznej i ekonomicznej zasadności budowy alternatywnej infrastruktury sieciowej. Rozwiązania rynkowe obowiązujące w elektroenergetyce nie są w tym zakresie skuteczne i trudno mówić o równowadze stron (lokalny OSD i lokalna wydzielona struktura w różnej formie organizacyjnej). OSD wykorzystuje efekt skali i często korzysta z przewagi technologicznej i organizacyjnej.

Dla podniesienia efektywności funkcjonowania nowych podmiotów konieczne jest wprowadzenie nowych regulacji prawnych odnoszących się do OSD. Celowe wydaje się rozwinięcie funkcjonującej zasady TPA w kierunku wyznaczenia obowiązków OSD wobec nowych podmiotów i objęcie ich podobnymi gwarancjami jak odbiorców końcowych (ustanowienie tzw. usługi powszechnej). Ważne jest także zwiększenie transparentności działań OSD i wprowadzenie obowiązków konsultowania decyzji.

Z punktu widzenia OSD rozwój prosumeryzmu, nasycenie sieci rozproszonymi źródłami niespokojnymi i konieczność współpracy z lokalnymi strukturami powoduje też nowe wyzwania techniczne [6]. Zasadniczo zmienia się charakter pracy sieci dystrybucyjnych, które w przeszłości realizowały jednokierunkowy przepływ energii (z systemu przesyłowego do odbiorców), a obecnie muszą być przystosowane do przepływów dwukierunkowych (z i do systemu przesyłowego). Przy zmienności kierunków

przepływu energii pojawiają się liczne problemy techniczne w sieciach dystrybucyjnych takie jak np.: kłopoty z utrzymaniem właściwych poziomów napięć i okresowe przeciążenia kluczowych fragmentów infrastruktury sieciowej. Uzasadnione jest więc oczekiwanie OSD by nowe struktury aktywnie uczestniczyły w ograniczaniu tych niekorzystnych dla OSD zjawisk. Drogą do ich ograniczenia jest bilansowanie lokalne, realizowane w ramach wydzielonej infrastruktury. Docelowo można oczekiwać, że wydzielona struktura może dążyć nie tylko do własnego samobilansowania, ale także do wspomagania OSD w zbilansowaniu szerszego obszaru obejmującego także podmioty zewnętrzne.

### **Bilansowanie lokalne**

Motywacją dla organizatorów lokalnych struktur w obszarach sieci dystrybucyjnej jest chęć osiągnięcia obniżenia kosztów pokrycia lokalnych potrzeb energetycznych dla odbiorców końcowych. Cel ten jest osiągnięty poprzez wykorzystanie lokalnych zasobów energetycznych, głównie odnawialnych, które z natury mają charakter rozproszony. Osiągnięcie efektu ekonomicznego jest możliwe, o ile nowe źródła pozwolą pokryć znaczącą część lokalnego zapotrzebowania. Projektując lokalną strukturę należy rozważyć bilans lokalnego zapotrzebowania na energię i lokalnych możliwości produkcyjnych oraz niejednoczesność czasową obu tych procesów. W przypadku energii elektrycznej zasadnicze znaczenie ma krótkookresowa zdolność podmiotów wchodzących w skład struktury do utrzymania wymiany energii z pozostałym obszarem systemu dystrybucyjnego na zadeklarowanym wcześniej poziomie. Przez „krótkookresową zdolność do bilansowania energii” rozumie się tu realizowanie zadań w okresach dostosowanych do okresów rozliczeniowych energii, przyjętych w ramach rozwiązań rynkowych (obecnie w Polsce: godziny handlowe, a docelowo okresy 15-minutowe).

Zdolność do bilansowania energii nie musi oznaczać konieczności ograniczenia wymiany energii z systemem do zera (i osiągnięcia praktycznie zdolności do trwałej pracy wyspowej). Takie wymaganie byłoby nadmiarowe i nieuzasadnione ekonomicznie oraz powodujące liczne dodatkowe problemy techniczne [7].

Zasadniczym problemem przy tworzeniu lokalnych struktur zdolnych do bilansowania jest fakt, że środki techniczne do osiągnięcia takiej zdolności są dość ograniczone. Zdolności do lokalnego bilansowania energii wymaga wykorzystania możliwości stosunkowo szybkich zmian wytwarzanej energii lub możliwości elastycznego sterowania odbiorami energii w obszarze lokalnej struktury. Efekt bilansowania można też uzyskać przez wykorzystanie magazynów energii, pod warunkiem ich posiadania w dyspozycji lokalnej struktury.

Powstające obecnie lokalne struktury w systemach dystrybucyjnych wykorzystają najczęściej odnawialne źródła energii. Własnymi źródłami są w ich ramach fotowoltaika lub elektrownie wiatrowe. Niestety te źródła charakteryzują się niską dyspozycyjnością produkcji, ze względu na okresowo ograniczoną dostępność pierwotnego źródła energii (światła i wiatru). Ich zdolności do aktywnego bilansowania energii są więc mocno ograniczone. Wykorzystanie ich w tej roli prowadzi do znaczącego pogorszenia ekonomiki ich pracy. Dodatkowo niespokojny i słabo prognozowalny charakter ich produkcji powoduje często zwiększenie potrzeb bilansowania energii (ich zmienna produkcja jest przyczyną powstawania niezbilansowania). Spośród źródeł odnawialnych lepsze zdolności bilansowania mają układy biogazowe lub biomasowe, które mogą wykorzystywać efekt

magazynowania energii w postaci paliwa (biogazu, biomasy). Źródła te cechują się lepszymi wskaźnikami dyspozycyjności niż elektrownie wiatrowe czy fotowoltaiczne. Koszty magazynowania paliwa są jednak znaczne i zdolności te można wykorzystywać w ograniczonym względami ekonomicznymi zakresie. Ważną cechą źródeł biomasowych i biogazowych jest duża przewidywalność produkcji, co powoduje że w strukturach wydzielonych nie powodują zwiększonego zapotrzebowania na energię bilansującą.

Obecnie dostępne są liczne komercyjne technologie magazynowania energii. Wykorzystanie magazynów energii elektrycznej nie ogranicza się już tylko do małych mocy, ale obejmuje rozwiązania o średnich i dużych mocach, odpowiednich do wykorzystania w lokalnych strukturach. Praktycznie wszystkie dostępne technologie charakteryzują się parametrami technicznymi pozwalającymi na ich wykorzystanie w bilansowaniu energii struktury wydzielonej. Niestety magazyny energii to ciągle technologie relatywnie drogie i ich wykorzystanie do handlowego bilansowania energii rzadko znajduje uzasadnienie w małych wydzielonych strukturach w ramach systemu dystrybucyjnego. W praktycznych zastosowaniach najczęściej wykorzystywane są magazyny elektrochemiczne, o ograniczonej trwałości. Efektywność ich użytkowania można uzyskać przy stosunkowo dużej liczbie cykli ładowania i rozładowywania magazynu. Biorąc pod uwagę to uwarunkowanie pozwalają na krótkookresowe magazynowanie energii elektrycznej i mogą jedynie krótkookresowo rozwiązywać zadania bilansowania (w cyklach kilkugodzinnych, dobowych i co najwyżej tygodniowych). Nie można ich efektywnie wykorzystać do sezonowego wyrównywania bilansu energii, a często jest to problemem przy zmiennej sezonowo produkcji źródeł odnawialnych np. fotowoltaicznych.

Struktury lokalne powstają nie tylko w systemie elektroenergetycznych ale także w ramach innych sieciowych systemów energetycznych: ciepłowniczych i gazowniczych. Charakter tych innych systemów i ich cechy fizyczne bardziej sprzyjają tworzeniu struktur lokalnych, a w przypadku systemów ciepłowniczych ich lokalny charakter jest cechą podstawową. Potencjalna integracja lokalnych struktur różnych systemów energetycznych (ciepłowniczego, gazowniczego i elektroenergetycznego) tworzy nowe możliwości w zakresie lokalnego wykorzystania nadwyżek produkowanej energii elektrycznej. Konwersja nadmiaru energii elektrycznej na ciepło może być alternatywą do przesyłania jej do obszaru systemowego poza zasięg struktury lokalnej. Podobnym rozwiązaniem jest konwersja energii elektrycznej na wodór, który może być konsumowany lokalnie, wprowadzany do sieci gazowniczej lub magazynowany. Konwersja energii elektrycznej na inne formy energii może być odwracalna (przynajmniej częściowo), co umożliwiłoby pokrywanie lokalnych deficytów energii elektrycznej w innych okresach czasowych. Szczególnie rozwój gospodarki wodorowej może stworzyć wiele możliwości wykorzystania nadwyżek energii elektrycznej oraz uzyskania nowego, efektywnego sposobu magazynowania energii.

Impulsem rozwojowym, tworzącym nowe możliwości dla lokalnych struktur energetycznych, może okazać się rozwiązywanie problemu pokrycia potrzeb energetycznych w sposób kompleksowy, przy uwzględnieniu różnych nośników i integrowanej lokalnej infrastruktury energetycznej o różnym charakterze. Jest to jeden z potencjalnych sposobów obniżenia zapotrzebowania na bilansowanie energii w ramach samego systemu elektroenergetycznego oraz uzyskania nowych możliwości jej lokalnego bilansowania.

## Organizacja bilansowania energii w systemie elektroenergetycznym

Obecnie systemy elektroenergetyczne funkcjonują w strukturze silnie zintegrowanej, a istotną rolę pełnią w nich scentralizowane duże źródła wytwórcze. W wielu systemach to jednostki wytwórcze centralnie dysponowane (JWCD) pełnią zasadniczą rolę przy bilansowaniu energii. W ograniczonym zakresie (i w mniejszej skali) wykorzystywane są także zdolności regulacyjne dużych odbiorców pozyskiwane poprzez usługi systemowe typu DSR (ang. *Demand Side Response* – Odpowiedź Strony Popytowej).

Ponieważ bilans mocy czynnej w systemie elektroenergetycznym jest zagadnieniem globalnym w całym obszarze współpracującym synchronicznie, zadania bilansowania mocy (i energii) są także rozwiązywane globalnie. W krajowej strukturze rynku, bilansowanie energii uzyskuje się za pomocą mechanizmów Rynku Bilansującego (RB) [8,9]. Rynek Bilansujący funkcjonuje w obszarze zarządzanym przez Operatora Systemu Przesyłowego (OSP) i uczestniczą w nim podmioty rynku hurtowego. Taka organizacja bilansowania energii jest charakterystyczna dla systemów europejskich i została uregulowana przez Rozporządzenia Komisji Europejskiej określające tzw. kodeksy sieciowe [10,11].

Kodeksy sieciowe mają zbliżyć do siebie rozwiązania krajowe, w celu ułatwienia tworzenia europejskiego rynku energii elektrycznej w przyszłości. Najważniejsze uregulowania dotyczące bilansowania energii są następujące [11]:

- wskazuje się OSP jako podmiot odpowiedzialny za organizację Rynku Bilansującego;
- nakazuje się niedyskryminacyjne wykorzystywanie zdolności regulacyjnych wszystkich uczestników rynku w procesie bilansowania;
- określa się konieczność wzajemnej współpracy Operatorów Systemów Przesyłowych połączonych w strukturze europejskiej w zakresie bilansowania energii i umożliwienia przez nich wzajemnej wymiany usług regulacyjnych;
- wymusza się standaryzację „produktów energii bilansującej”, ułatwiającą ich wymianę pomiędzy systemami krajowymi;
- wymaga się by systemy rozliczania w ramach RB opierały się na zasadach konkurencji rynkowej („...w sposób efektywny, ekonomiczny i rynkowy” [11]).

Przedstawione wyżej wymagania są właściwe dla sprawnego funkcjonowania procesu bilansowania energii w ramach krajowych rynków hurtowych i odpowiednie dla systemów scentralizowanych. Rozporządzenie postrzega jednak konieczność zmiany podejścia do problemu bilansowania energii w najbliższej przyszłości, wymuszone decentralizacją wytwarzania i umożliwieniem funkcjonowania lokalnych struktur w systemach elektroenergetycznych. Jako kierunkowe zmiany w bilansowaniu energii wskazuje się [11]:

- wprowadzanie stopniowej decentralizacji procesów bilansowania, we współpracy z OSD i agregatorami usług (bilansowanie obszarowe);
- przeniesienie odpowiedzialności za bilansowanie na wszystkie podmioty rynku (samobilansowanie lub zakup usługi bilansującej);
- skracanie „okresów rozliczania niezbilansowania”, tak by bilansowanie odbywało się w czasach zbliżonych do czasu rzeczywistego (docelowym rozwiązaniem europejskim ma być bilansowanie energii w okresach 15-minutowych).

Bilansowanie obszarowe ma być mechanizmem pozwalającym na stopniowe zwiększanie ilości podmiotów

aktywnie uczestniczących w bilansowaniu energii. Powinno spowodować większą przewidywalność podmiotów rynku w zakresie poboru i dostawy energii. Dodatkowym efektem powinno być ograniczenie zapotrzebowania na bilansowanie w obszarze rynku hurtowego i poprawa warunków pracy sieci w obszarach OSP i OSD.

Istotnym zagadnieniem technicznym przy organizacji bilansowania energii jest konieczność bieżącej oceny niezbilansowania w obszarze sieciowym. Przy bilansowaniu globalnym sygnał uchybu jest wyznaczany na podstawie częstotliwości i pomiarów mocy w węzłach wymiany międzysystemowej. Częstotliwość jako parametr wspólny w całym obszarze pracującym synchronicznie zmienia się w zależności od niezbilansowania globalnego, a moc wymiany pozwala kontrolować międzysystemowe przepływy mocy i utrzymywać je na poziomie zadanym. Takie podejście jest właściwe dla układów regulacji mocy czynnej. W przypadku Rynku Bilansującego, którego zadaniem jest ogólnosystemowe bilansowanie energii w okresach rozliczeniowych, niezbilansowanie systemu jest obliczane na podstawie pomiarów w węzłach wymiany energii w obszarze rynku hurtowego (fizycznych i wirtualnych). Liczba takich węzłów, do których też są przypisane transakcje handlowe zawarte na rynku hurtowym, jest stosunkowo niewielka a jakość ich opomiarowania jest wysoka. RB może funkcjonować sprawnie.

Istotnym wyzwaniem przy organizacji bilansowania lokalnych struktur, funkcjonujących na poziomie OSD, jest poszukiwanie adekwatnych danych pomiarowych pozwalających na bieżącą ocenę niezbilansowania podmiotu i pozwalającą na podejmowanie właściwych działań bilansujących. W przypadkach grup bilansujących i wirtualnych elektrowni, które najczęściej nie funkcjonują w dających wydzielić się obszarach sieci, ocenę ich niezbilansowania można opierać na pomiarach rozliczeniowych podmiotów wchodzących w ich skład. Liczba podmiotów jest w tych przypadkach niewielka, a poziom ich opomiarowania i transmisji danych pomiarowych odpowiedni do wykorzystania.

Problem znacząco komplikuje się w przypadkach klastrów i spółdzielni energetycznych. Szczególnie w tym drugim przypadku liczba podmiotów wchodząca w jej skład może być znaczna. W takich strukturach uczestniczą też drobni odbiorcy w gospodarstwach domowych. Stan opomiarowania sieci i transmisji danych często nie jest wystarczający, by w ocenie niezbilansowania struktury współpracującej lokalnie oprzeć się na bezpośrednich danych rozliczeniowych. W takich strukturach efektywniejszym rozwiązaniem może być pomiar mocy w węzłach wymiany energii pomiędzy strukturą lokalną a obszarem sieciowym (w GPZ-tach). Wskazanie takich węzłów wymaga jednak integracji geograficznej uczestników struktury i przypisania ich do określonego obszaru sieci.

### Podsumowanie

Powstawanie lokalnych struktur w systemach elektroenergetycznych jest konsekwencją decentralizacji procesów wytwarzania energii w systemie. Potrzeba wykorzystywania lokalnych zasobów energii odnawialnej do produkcji energii elektrycznej przyspiesza te przemiany.

Powoduje to problemy techniczne w obszarach sieci dystrybucyjnych, których przemiany te dotyczą w największym stopniu. Część tych problemów może rozwiązać wdrożenie efektywnych sposobów lokalnego bilansowania energii.

Poza koniecznymi regulacjami prawnymi i organizacyjnymi, funkcjonowanie bilansowania lokalnego wymaga wdrożenia nowych rozwiązań handlowych. Uzupełnieniem systemowego Rynku Bilansującego w obszarze hurtowym powinno być przeniesienie części odpowiedzialności za bilansowanie energii na poziom sieci dystrybucyjnych [3,5] i lokalnych struktur energetycznych funkcjonujących w tych obszarach.

Upoproszczenie technologii magazynowania energii znacząco ułatwi funkcjonowanie bilansowania lokalnego, a nowe możliwości może stworzyć integracja lokalnych systemów różnych nośników energetycznych. W tym kontekście wdrożenie rozwiązań gospodarki wodorowej, tworzy szereg nowych, potencjalnych możliwości technologicznych.

Mimo istniejących w kraju możliwości prawnych do tworzenia lokalnych struktur energetycznych takich jak klastry i spółdzielnie energetyczne, liczba efektywnie funkcjonujących podmiotów jest stosunkowo mała. Jak pokazuje przykład prosumenckich instalacji fotowoltaicznych, sytuacja w tym zakresie może zmienić się stosunkowo szybko pod wpływem impulsów rynkowych. Operatorzy Systemów Dystrybucyjnych powinni się przygotowywać na taką ewentualność i pracować nad opracowaniem adekwatnych ram organizacyjnych do wdrożenia lokalnego bilansowania energii.

**Autor:** dr hab. inż. Paweł Bućko, Politechnika Gdańska, Katedra Elektroenergetyki, ul. Narutowicza 11/12, 80-233 Gdańsk, E-mail: pawel.bucko@pg.edu.pl

### LITERATURA

- [1] Bućko P.: Wydzielone struktury w zdecentralizowanym systemie elektroenergetycznym. *Rynek Energii* 158 (2022), nr 1
- [2] Adamek A.: Mikrosieci a otoczenie formalno-prawne w Polsce. *Rynek Energii* 157 (2021), nr 6
- [3] Majzooobi A., Khodaci A.: Application of Microgrids in Supporting Distribution Grid Flexibility. *IEEE Transactions on Power Systems* (2017) No 5
- [4] Lund H., Munster E.: Intergated Energy Systems and Local Energy Markets. *Energy Policy* (2006) No 10
- [5] Mengelkamp E., Gertner J., Rock K., Kessler S., Orsini L., Weinhardt C.: Designing Microgrid Energy Markets. *Applied Energy* (2018) 210
- [6] Wasiak I.: Koncepcja inteligentnych mikrosystemów energetycznych. *Przegląd Elektrotechniczny* (2011) nr 6
- [7] Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie: „Przyłączenie europejskich wysp energetycznych: wzrost, konkurencyjność, solidarność i rozwój zrównoważony na wewnętrznym rynku energii UE”, TEN/493, Bruksela (2012)
- [8] Instrukcja Ruchu i Eksploatacji Sieci Przesyłowej. PSE SA
- [9] Regulamin Rynku Bilansującego. PSE SA
- [10] Rozporządzenie Komisji Europejskiej (UE) 2016/631 ustanawiające kodeks sieci dotyczący wymogów w zakresie przyłączenia jednostek wytwarzających do sieci
- [11] Rozporządzenie Komisji Europejskiej (UE) 2017/2195 ustanawiające wytyczne dotyczące bilansowania