

POTENCJAŁ TECHNICZNY WYKORZYSTANIA MIKROSIECI NA OBSZARZE WIEJSKIM

Łukasz Kordas, Adam Adamek, Grzegorz Mudrak

Słowa kluczowe: mikrosieć, odnawialne źródła energii, klastry energii, energetyka rozproszona, potencjał techniczny

Streszczenie. Mikrosieć energetyczna to fizycznie wydzielony obszar zasilania w energię, obejmujący jej lokalne źródła (w głównej mierze wykorzystujące technologie odnawialnych źródeł energii - OZE) oraz skupionych wokół nich odbiorców. Dzięki wzajemnej współpracy źródeł wytwórczych i bilansujących, możliwe jest częściowe lub całkowite uniezależnienie obszaru od dostaw energii z sieci elektroenergetycznej. W niniejszym artykule opisano rezultaty badań w zakresie doboru komponentów mikrosieci celem redukcji szczytowej mocy pobieranej z sieci elektroenergetycznej. Dla istniejącej lokalizacji – wsi w województwie dolnośląskim – zaproponowano następujący miks technologiczny: ogniwa fotowoltaiczne, mikroturbiny wiatrowe, baterijny magazyn energii oraz źródło bilansujące w postaci generatora napędzanego silnikiem tłokowym. Przeanalizowano również cztery warianty stopnia uniezależnienia mikrosieci.

1. WSTĘP

Dynamiczny rozwój energetyki rozproszonej i odnawialnej może skutkować grupowaniem poszczególnych rozproszonych źródeł energii w większe struktury, takie jak klastry energii bądź mikrosieci [1]. Mikrosieć jest fizycznie wydzielonym obszarem zasilania w energię, zdolnym do zaspokajania swoich potrzeb energetycznych z własnych źródeł wytwórczych – w czym różni się od klastra energetycznego, będącego cywilnoprawnym porozumieniem pomiędzy jego członkami [2]. Mikrosieć dzięki magazynom energii, lokalnym źródłom wytwórczym (odnawialnym), źródłom stabilizującym, jak również odpowiednim systemom zarządzania pracą jej elementów, ma możliwość współpracy z lokalną siecią dystrybucyjną lub pracy wyspowej [3; 4].

Celem niniejszego opracowania jest omówienie potencjału technicznego mikrosieci energetycznej. Na potrzeby obliczeń założono, że mikrosieć zasilac będzie miejscowość znajdującą się w województwie dolnośląskim w gminie Oława.

Artykuł został napisany na podstawie doświadczeń płynących z projektu „Model funkcjonowania energetyki rozproszonej 2.0 - samobilansujące się obszary sieci elektroenergetycznej” realizowanego przez Grupę TAURON z dofinansowaniem ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój, Działanie 1.2 Sektorowe Programy B+R.

2. MATERIAŁY I METODY

Materiały do niniejszej analizy stanowiły dane meteorologiczne dotyczące natężenia promieniowania słonecznego oraz prędkości wiatru dla obszaru Wrocławia, udostępnione przez Komisję Europejską [5; 6].

W celu przeprowadzenia obliczeń związanych z turbinami wiatrowymi wykorzystano uśrednioną charakterystykę turbin wiatrowych małej mocy (do 10 kW), wykonaną w oparciu o charakterystyki urządzeń, dostępne na stronach producentów. By oszacować całkowite zapotrzebowanie obszaru na energię elektryczną, wykorzystano dobowe charakterystyki zużycia energii typowych gospodarstw domowych, gospodarstw rolnych, małych sklepów, barów oraz oświetlenia ulic z uwzględnieniem współczynników jednoczesności. Na podstawie wymienionych danych dokonano obliczeń bilansowych, które pozwoliły zaproponować optymalne moce urządzeń fotowoltaicznych, wiatrowych, baterijnego magazynu energii oraz źródła stabilizującego dla analizowanego obszaru.

Założono, iż rozpatrywana mikrosieć będzie posiadać możliwość chwilowej pracy wyspowej. Stopień samowystarczalności określono jako procentowe obniżenie mocy szczytowej obciążenia względem sytuacji przed utworzeniem mikrosieci.

Analizy przeprowadzono dla czterech wariantów samowystarczalności: 25%, 50%, 75% i 100%. Każdy z wariantów został zamodelowany osobno, wobec czego wyniki dla wszystkich przypadków są od siebie niezależne. Przyjęto następującą kolejność wykorzystania źródeł (tzw. merit order): niedysponowalne źródła OZE, energia z sieci dystrybucyjnej, bateria akumulatorów, źródło bilansujące. Takie rozwiązanie pozwala na obniżenie obciążeń szczytowych i kosztów po stronie systemu energetycznego, zarówno w obszarze wytwórczym, jak i dystrybucyjnym. Redukuje ono także opłaty za moc zamówioną, które mogą zostać obniżone dzięki zastosowaniu źródeł bilansujących.

Podstawowym celem mikrosieci jest zaspokojenie własnych potrzeb energetycznych. Zrezygnowano za-

tem z doboru urządzeń wyłącznie pod kątem ekonomicznego uzasadnienia inwestycyjnego, gdyż mogłoby to doprowadzić do wystąpienia znacznych nadwyżek energii, wytwarzanej na sprzedaż. Zamiast tego skupiono się na technicznym zbilansowaniu obszaru.

3. OBSZAR ANALIZY

Analizowana wieś znajduje się w województwie dolnośląskim, powiat oławski, gmina Oława, w odległości kilkunastu kilometrów na południowy wschód od Wrocławia. Jest zamieszkiwana przez 350 osób.

Punktem wyjścia do zaproponowania miksu energetycznego dla badanego obszaru jest określenie zapotrzebowania na energię elektryczną w funkcji czasu. Koniecznym było opracowanie przewidywanego profilu na podstawie typowych grafików zużycia energii przez odbiorców. Na obszarze analizy wyszczególniono następujące odbiory:

- domy jednorodzinne: 50,
- gospodarstwa rolne: 58,
- małe sklepy/usługi: 3,
- bary/restauracje: 1,
- długość dróg (z oświetleniem LED): 2 km.

Do sieci dystrybucyjnej nie zostały dotąd podłączone żadne źródła wytwórcze (w tym prosumenckie).

W toku obliczeń określono maksymalne zapotrzebowanie obszaru na moc na poziomie 257 kW. W ramach założeń dotyczących doboru miksu energetycznego, dla mikroźródeł wiatrowych (do 10 kW) oraz fotowoltaiki gruntowej przyjęto identyczną moc zainstalowaną. Ponieważ analizowana miejscowość nie została zgazyfikowana, założono wykorzystanie generatora

z silnikiem tłokowym zasilanym olejem napędowym jako źródła bilansującego.

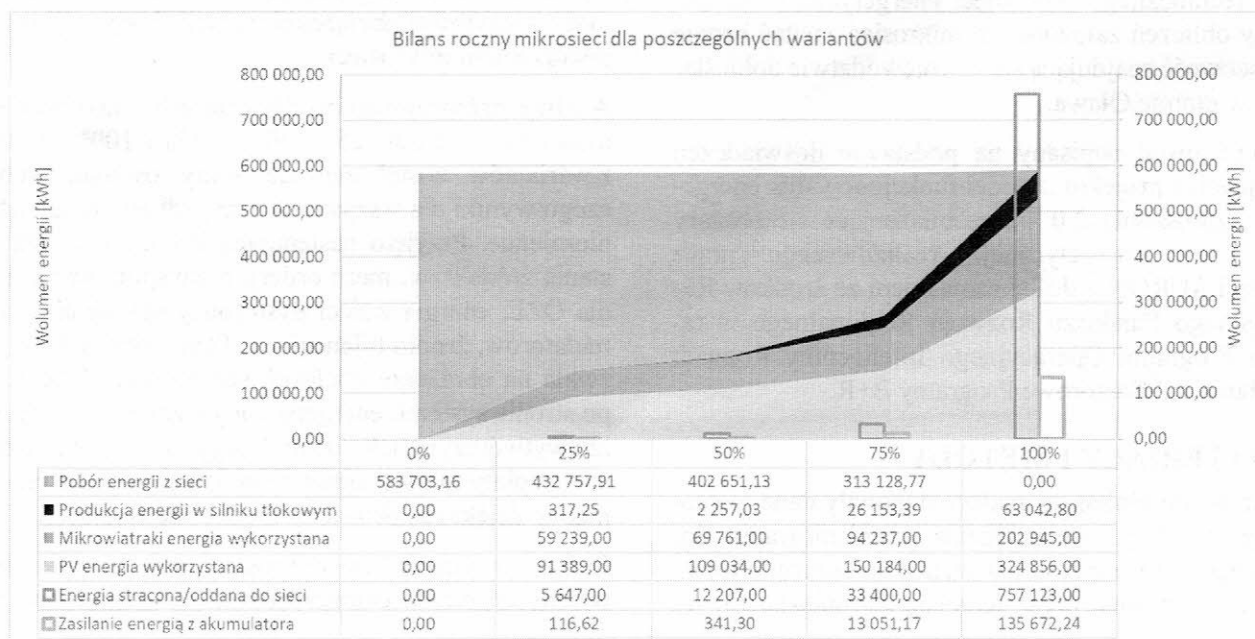
4. WYNIKI

Wyniki przeprowadzonych analiz zawarto w tabeli 1 i zilustrowano na rysunku 1. Uwzględniono na nim aktualną sytuację obszaru (pełna zależność od dostaw energii z sieci dystrybucyjnej) – jako punkt odniesienia do analizowanych scenariuszy.

W wariancie 25% obniżenia mocy szczytowej niestabilne źródła odnawialne zaspokajają ok. ¼ potrzeb energetycznych obszaru. Profil obciążenia pozwala na praktycznie całkowite wykorzystanie energii w mikro sieci, bez konieczności jej magazynowania, oddawania do sieci lub ograniczania produkcji. Rola elementów bilansujących, tj. baterii akumulatorów i generatora z silnikiem tłokowym jest marginalna.

Zredukowanie mocy szczytowej pobieranej z sieci dystrybucyjnej o 50% nadal mieści się w zakresie obciążeń szczytowych. Udział energii wytworzonej w mikro sieci stanowi 31% w ujęciu rocznym, a miks energetyczny jest zbliżony do wariantu pierwszego („25%”). Interwencje komponentów bilansujących są minimalne, a tylko 6% energii wytworzonej z OZE nie jest konsumowane bezpośrednio przez mikro sieć (stanowi to 2% rocznego wolumenu potrzeb).

Ograniczenie poboru z sieci o 75% powoduje konieczność pokrycia szczytowego, a także podszczytowego zapotrzebowania mikro sieci, co wymaga przewymiarowania źródeł niestabilnych oraz częstszego wykorzystania magazynu energii i generatora z silnikiem tłokowym. Wolumen energii traconej (lub oddawanej do sieci) jest skutkiem niedopasowania produkcji ener-



Rys. 1. Ilustracja bilansu energetycznego mikro sieci w modelowanych wariantach

gii w źródłach OZE i zapotrzebowania obszaru. W wariancie tym blisko połowa energii zużywanej przez odbiorców została wytworzona w mikrosieci.

W scenariuszu pełnej samowystarczalności obszaru (100% obniżenia poboru z sieci) stopień niedopasowania produkcji energii z OZE i zapotrzebowania są bardzo duże. Skutkuje to koniecznością zarówno znacznego przewymiarowania źródeł fotowoltaicznych i wiatrowych, jak i intensywnego wykorzystania magazynu energii i generatora z silnikiem tłokowym.

Tabela 1.
Zestawienie parametrów komponentów mikrosieci
w poszczególnych wariantach

Parametr	Jednostka	Wariant 0%	Wariant 25%	Wariant 50%	Wariant 75%	Wariant 100%
Moc instalacji PV	kWp	0	90	110	160	740
Moc mikroturbiny wiatrowej	kW	0	90	110	160	740
Pojemność magazynu energii	kWh	0	10	10	80	580
Moc silnika tłokowego	kW	0	60	120	180	140

Analiza danych w Tabeli 1 pozwala zauważyć, że stopień samowystarczalności, zdefiniowany uprzednio jako obniżenie mocy szczytowego obciążenia, nie jest równoznaczny z rocznym wolumenem energii wytworzonej w mikrosieci.

Zauważalne jest to, że produktywność mikroturbin wiatrowych jest niższa od produktywności ogniw fotowoltaicznych. Wolumeny z obu źródeł mogą być ze sobą bezpośrednio porównywane, ponieważ moc zainstalowana jest identyczna dla tych dwóch technologii. Współczynniki wykorzystania mocy zainstalowanej, tzw. *capacity factors*, wynoszą 8% dla mikrowiatraków i 12% dla źródeł PV. Przy ich obliczaniu uwzględniono całkowity potencjał produkcji energii, wraz z wolumenem traconym (lub oddawanym do sieci).

Widoczna jest rosnąca rola magazynowania energii w osiągnięciu samowystarczalności mikrosieci. Ich pojemność wzrosła z 10 kWh dla pierwszych dwóch wariantów poprzez 80 kWh w wariancie „75%” aż do 580 kWh dla scenariusza „100%”.

Warto zauważyć, że moc agregatu z silnikiem tłokowym jest niższa w wariancie „75%” niż w wariancie „100%”. Stopień wykorzystania mocy wynosi natomiast dla poszczególnych scenariuszy (rosnąco względem redukcji mocy szczytowej obszaru): 0,06%, 0,21%, 1,66% i 5,14%. Świadczy to o stopniowej zmianie roli tego źródła – z zaspokajania chwilowych pików poboru (świadczenie usługi) ku dostarczaniu

energii w momentach niewystarczającej produkcji (dostarczanie produktu).

Warianty obniżenia mocy szczytowej o 25% i o 50% potwierdzają, że przyłączanie mikroinstalacji prosumenckich do poziomu pokrycia 1/3 rocznego zapotrzebowania obszaru nie stanowi przeszkód dla sieci dystrybucyjnej i niemal nie skutkuje wpływem nadmiarowej energii poza lokalny fragment sieci.

Zauważalne niezbilansowanie występuje dopiero powyżej 40% rocznego udziału energii wytworzonej lokalnie. Wówczas niemożliwe jest spełnienie wymogu ograniczenia mocy pobieranej z sieci bez wykorzystania dyspozycyjnych urządzeń wytwórczych.

Przy scenariuszu pełnej samowystarczalności dobór urządzeń sprowadza się do ustalenia równowagi pomiędzy przewymiarowaniem źródeł OZE, a rozbudową kosztownych systemów magazynowania bateryjnego i źródeł bilansujących na paliwa kopalne.

Na wysokim poziomie penetracji mikrosieci przez niestabilne urządzenia OZE (powyżej ok. 40% rocznego wolumenu) dogodnym rozwiązaniem jest wykorzystanie biogazowni z zasobnikiem biogazu, która jako dysponowalne źródło energii elektrycznej zdolna jest do bilansowania mikrosieci. Wymaga to jednak dostępności substratu i sprzyjających warunków formalnoprawnych i ekonomicznych dla funkcjonowania takiego obiektu.

Jednym z dodatkowych efektów procesu autonomizacji analizowanej mikrosieci jest redukcja emisji CO₂. Wynika ono z faktu zastąpienia energii z krajowego systemu elektroenergetycznego przez wytworzoną z OZE i uzupełnioną jedynie w 10 procentach przez agregat zasilany olejem napędowym.

5. PODSUMOWANIE

W niniejszym artykule przedstawiono założenia i rezultaty analizy technicznych aspektów zmiany bilansu energetycznego mikrosieci w funkcji obniżania mocy szczytowej pobieranej z sieci elektroenergetycznej. W opracowaniu nie rozpatrywano technicznej możliwości realizacji mikrosieci na danym obszarze. Stopień skomplikowania inwestycji jest uzależniony między innymi od wieku i stanu technicznego infrastruktury sieciowej, czy też od gęstości zabudowy [8].

Mikrosieci są obecnie wskazywane jako jeden z kluczowych trendów rozwoju sektora elektroenergetycznego [9], pozwalający na integrację źródeł OZE o niestabilnym charakterze pracy.

LITERATURA

- [1] Gronkowska J. *Polityka wsparcia tworzenia i rozwoju klastrów energii w Polsce*. Zeszyty Naukowe Instytutu Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk, 2017, nr 97, s. 213–230.
- [2] Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [Dz.U. 2015 poz. 478]
- [3] Parol M.: *Mikrosieci – przyszłościowe struktury sieci dystrybucyjnych*. Przegląd Elektrotechniczny, R. 92 NR 8/2016, 1-5.
- [4] Scott N., *Microgrids.: A guide to their issues and value*. Xero Energy Limited, 2016, s. 5-6
- [5] Huld T., Müller R. and Gambardella A., 2012: *A new solar radiation database for estimating PV performance in Europe and Africa*. Solar Energy, 86, 1803-1815.
- [6] PVGIS © European Communities, 2001-2017.
- [7] Kordas Ł., Chwieduk D., *Klasy energetyczne – analiza modelu funkcjonowania energetyki w regionach wiejskich*. Polska Energetyka Słoneczna Nr. 1-4/2017,
- [8] Adamek A., Kordas Ł., Mudrak G., *Analiza porównawcza lokalizacji mikrosieci energetycznych na obszarach wiejskich i miejskich na przykładzie Bytomia oraz Tylmanowej*. Rynek Energii Nr 6(139) – 2018, s. 14-19.
- [9] Malko J., *Dekalog trendów rozwojowych energetyki USA*. Energetyka czerwiec 2014, s. 329-333.

TECHNICAL POTENTIAL OF MICROGRID IMPLEMENTATION IN RURAL AREA

Key words: microgrid, renewable energy, energy cluster, distributed generation, technical potencial

Summary. Microgrid is a physically separated energy supply region, including distributed, preferably renewable energy sources (RES), as well as consumers and microgrid management tools. Partial or full independence from electricity supply from the main grid can be achieved as a result of coordinated utilization of variable and balancing generation assets. Both research approach and its results towards designing an appropriate energy mix for microgrid at a given location – village in Lower Silesia, Poland – had been presented within this article. Proposed energy sources include: photovoltaics, micro-scale wind turbines (10 kW), battery energy storage and diesel-powered gen-set. Four different scenarios had been compared, based on peak power import reduction degree of: 25%, 50%, 75% and 100% (full autonomy).

Łukasz Kordas – absolwent kierunku energetyka na Politechnice Krakowskiej oraz Politechnice Warszawskiej. Posiada kilkuletnie doświadczenie we współpracy ze środowiskami naukowymi i jest autorem oraz współautorem artykułów i publikacji naukowych. Obecnie jako Specjalista ds. Badań i Rozwoju w TAURON Polska Energia zajmuje się zagadnieniami energetyki rozproszonej, w szczególności mikrosieciami. E-mail: Lukasz.Kordas@tauron.pl

Adam Adamek - absolwent Politechniki Śląskiej w Gliwicach, na kierunkach energetyka oraz ochrona środowiska. Brał udział w projektach związanych z energetyką zawodową oraz ciepłownictwem. Obecnie jest kierownikiem projektu badawczo-rozwojowego „Model funkcjonowania energetyki rozproszonej 2.0 - samobilansujące się obszary sieci elektroenergetycznej” w TAURON Polska Energia S.A. Równolegle realizuje rozprawę doktorską traktującą o wpływie bloku energetycznego i wybranych elementów meteorologicznych na zanieczyszczenie powietrza pyłem PM10 w miastach oraz adaptacji do zmian klimatu. E-mail: adam.adamek@tauron.pl

Grzegorz Mudrak – absolwent kierunku elektrotechnika na Politechnice Opolskiej. W dotychczasowej pracy odpowiadał za realizację projektów dotyczących przyłączania źródeł OZE do sieci dystrybucyjnej, pilotażowych projektów konstrukcji stalowych oraz za nadzór wykonawstwa przemysłowych instalacji elektrycznych. Obecnie jako Kierownik Projektu Innowacyjnego w TAURON Dystrybucja S.A. zarządza zespołem badawczo-rozwojowym zajmującym się zagadnieniami dotyczącymi mikrosieci. Uczestniczy także w projektach związanych z magazynowaniem energii. E-mail: Grzegorz.Mudrak@tauron-dystrybucja.pl