

ANALIZA OPLACALNOŚCI WYKORZYSTANIA ŹRÓDEŁ REZERWOWYCH NA PODSTAWIE BADANIA RYNKOWYCH CEN ENERGII ELEKTRYCZNEJ

Edmund CIESIELKA¹, Paweł DYBOWSKI², Jakub WÓJCIK³, Zbigniew HANZELKA⁴

1. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
tel.: +48 126172823 e-mail: ciesiel@agh.edu.pl
2. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
tel.: +48 126172897 e-mail: dybowski@agh.edu.pl
3. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
tel.: +48 126172823 e-mail: jakubwojcik@agh.edu.pl
4. AGH Akademia Górniczo-Hutnicza
tel.: +48 126172878 e-mail: hanzel@agh.edu.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono analizę opłacalności wykorzystania rezerwowych źródeł energii elektrycznej do uzupełnienia produkcji energii w okresach występowania wysokich cen. Jako źródła energii wykorzystano rezerwowe generatory prądotwórcze. Podstawą przeprowadzonych analiz były poziomy cen energii elektrycznej za okres 2015-2018 na rynku energii, ich wzajemne korelacje (Rynek Bilansujący i Towarowa Giełda Energii), częstotliwość występowania wysokich cen, ich rozkład tygodniowy oraz miesięczny. Powyższa analiza daje również odpowiedź na pytanie czy istnieje ekonomiczne uzasadnienie funkcjonowania i wykorzystania źródeł rozproszonych na rynku energii elektrycznej. Jest to podstawa do opracowania prognozy zmian opłacalności agregowania źródeł rezerwowych w warunkach zmieniających się (rosnących) cen energii.

Słowa kluczowe: źródła rezerwowe, Rynek Bilansujący, Towarowa Giełda Energii, prognoza opłacalności.

1. WSTĘP

1.1. Obecna sytuacja na rynku energii

Różnica pomiędzy szczytowym i minimalnym godzinowym zapotrzebowaniem na moc w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym KSE rośnie [3]. Energetyka konwencjonalna w Polsce, oparta na technologii spalania węgla, nie jest przystosowana do wytwarzania energii wyłącznie w wybranych godzinach doby. Przy tym rosnąca wielkość energii wytwarzanej przez niestabilne i uzależnione od warunków atmosferycznych źródła odnawialne, potęguje problem zawodowych elektrowni w dostosowaniu swojego profilu wytwórczego do bieżącego zapotrzebowania. W obliczu tych zmian energetyka zawodowa wymaga wsparcia realizowanego innymi formami generacji energii elektrycznej, tańszymi i bardziej powszechnymi z uwagi na mniejsze koszty inwestycyjne. Alternatywą dla kapitałochłonnej budowy nowych bloków energetyki zawodowej jest wykorzystanie zasobów wytwórczych rozproszonych na obszarze całego kraju. Odbiorcy przemysłowi i drobni przedsiębiorcy posiadają źródła, które obecnie w żadnym stopniu nie podlegają centralnemu sterowaniu. Źródła te w obliczu problemów

KSE w godzinach szczytowych mogą stanowić istotny element wytwórczy.

2. ŹRÓDŁA REZERWOWE

Agregaty prądotwórcze pełniące rolę rezerwowych źródeł zasilania obiektów stanowią szczególną grupę źródeł rozproszonych. Źródła rozproszone to pojęcie obejmujące szeroką gamę źródeł wytwórczych, głównie o niewielkiej mocy. Zasadniczą ich cechą jest naturalne rozproszenie. Zamiennie stosuje się także termin generacji rozproszonej lub wytwarzania rozproszonego. Generacja rozproszona definiowana jest przez polskich ekspertów rynku energii jako wytwarzanie energii w małych źródłach wytwórczych, o mocy maksymalnej od 50 kW do 150 MW, przyłączonych sieci wewnętrznych zakładów przemysłowych lub bezpośrednio do sieci dystrybucyjnej. Ważną cechą tych źródeł jest brak centralnego planowania i dysponowania [4]. Agregaty prądotwórcze wykorzystywane jako źródła rezerwowe stanowią tutaj alternatywę dla budowy nowych elektrowni. Źródła te praktycznie w ogóle nie są wykorzystywane jako zasoby KSE. Według oszacowania dokonanego podczas przeglądu zespołów prądotwórczych w Polsce w roku 2010 sumaryczna moc możliwa do wytworzenia przez te źródła kształtuje się na poziomie 500 MW [1]. Bez zmiany podstawowego charakteru źródeł (jako rezerwowe) możliwość ich wykorzystania szacowana jest na 200÷400 godzin rocznie, co pozwoliłoby uzyskać poziom produkcji około 40÷60 MW rocznie. Z przyczyn technicznych podłączanie źródeł prądotwórczych do sieci dystrybucyjnych w sposób umożliwiający pracę równoległą dotyczy przede wszystkim nowych lub modernizowanych instalacji.

3. ANALIZA EKONOMICZNA DZIAŁANIA

3.1. Analiza cen SPOT

Rynek SPOT to rynek, w którym papiery wartościowe, towary i surowce lub waluty obce są sprzedawane „od ręki” (w transakcjach kasowych) i dostarczane bezpośrednio

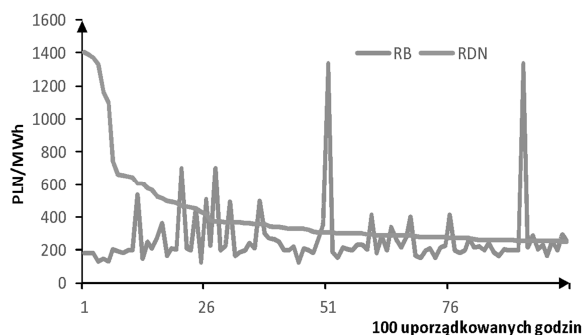
kupującemu. Terminem SPOT określa się również aktualną cenę towarów i surowców, np. złota i srebra, a także operacje handlowe dokonywane w trybie natychmiastowym, a nie w odroczone. Istotnym z punktu widzenia wykorzystania źródeł rozproszonych jest opłacalność produkcji. Koszty zmienne tego rodzaju źródeł szczególnie w zakresie źródeł rezerwowych zasilanych olejem napędowym lub gazem ziemnym są relatywnie wysokie. W przypadku OZE koszt zmienny nie ma kluczowego znaczenia, jednak też zdolność sterowania jest istotnym parametrem. Przy w pełni konkurencyjnym rynku energii elektrycznej (RDN – Rynek Dnia Następnego) i uzupełniającym go rynku technicznym, istnieje wysoka korelacja wielkości cen energii elektrycznej kontraktowanych na dzień przed dostawą i powykonawczo na rynku bilansującym. Konsumenci korzystają w tym modelu z dóbr oferowanych przez licznych sprzedawców, którzy nie stosują innych niż odkosztowe modele wyceny produktów. Szczególnie istotna jest mnogość dostawców, którzy oferują energię elektryczną w cenach rynkowych – co za tym idzie, stos ofert na rynku jest bardzo rozbudowany i żaden z wytwórców nie ma możliwości kształtowania ceny rynkowej. Rozkłady cen energii elektrycznej na rynku giełdowym i bilansującym (technicznym) nie są zbieżne [5]. Zostało to sprawdzone poprzez obliczenie miar korelacji Pearsona dla lat 2015, 2016, 2017, 2018, których wartości zostały przedstawione w tablicy 1.

Tablica 1. Miara korelacji Pearsona cen RDN i RB

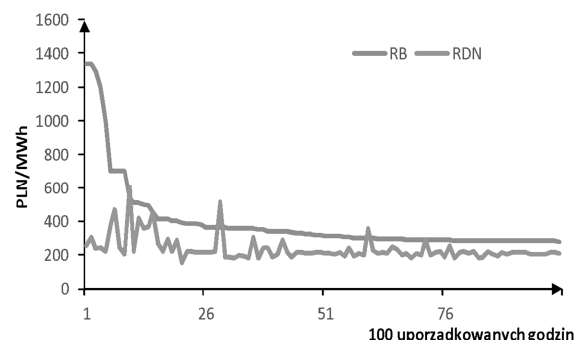
rok	$r(x,y)$
2015	0,48
2016	0,76
2017	0,50
2018	0,75

Miara korelacji Pearsona jest miarą bardzo wrażliwą na wartości odstające. Oznacza to, że w przypadku gdy na jednym rynku występowały skrajnie wysokie ceny (np. powykonawczo na Rynku Bilansującym), ale w tych samych godzinach Rynek SPOT TGE nie odczytał właściwie sygnałów miara korelacji zostanie określona jako „słaba”. Sytuacja taka miała miejsce w latach 2015 i 2017. Nie mniej jednak, w latach 2016 i 2018 wystąpiła korelacja na poziomie 0,75-0,76, co należy interpretować jako wysoką współzależność cen rynku bilansującego i rynku SPOT. Równowaga cen rynku SPOT i RB potwierdza przede wszystkim transparentność rynku energii – sygnały cenowe są prawidłowo interpretowane przez uczestników rynku i stanowią o jego konkurencyjności.

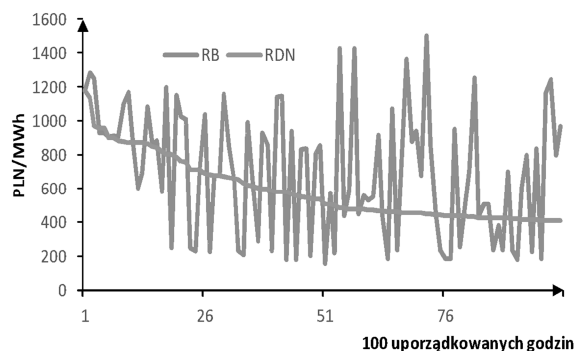
Warunki techniczne systemu (dostępne moce, przyjęte pasma wytwórcze) nie są dostatecznie odzwierciedlone na rynku giełdowym. Liczba niespójnego poziomu cen wzrosła w roku 2017. Występowały sytuacje, gdy cena około 200 zł/MWh na RDN była wyceniana na RB na poziomie 500÷1000 zł/MWh. Ponadto, w roku 2018 zdecydowanie wzrosły poziomy cen, powszechne na rynku były godziny w których megawatogodzina kosztowała ponad 300 zł.



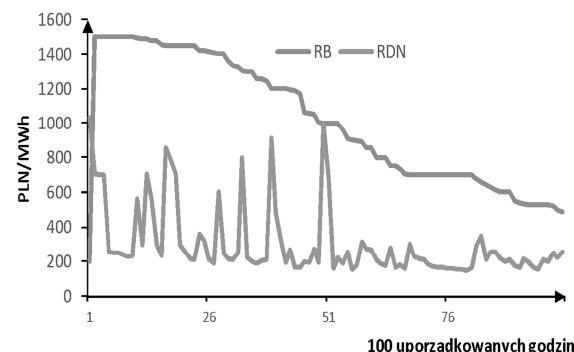
Rys. 1. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 2015 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RDN



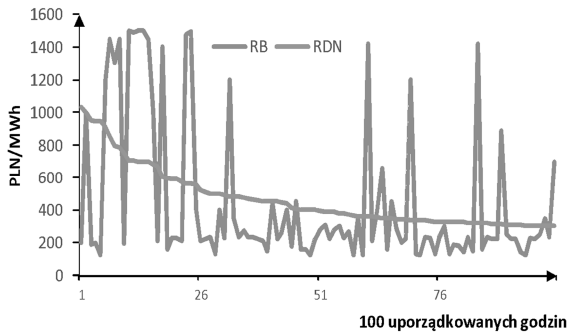
Rys. 2. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 2015 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RB



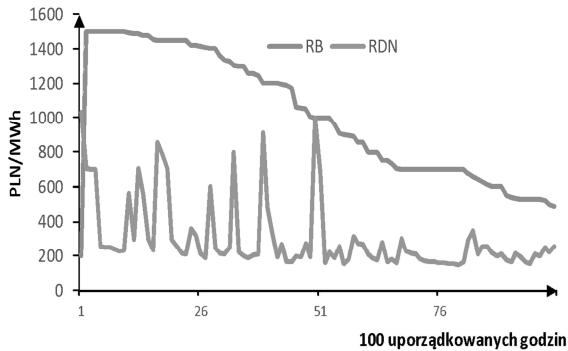
Rys. 3. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 2016 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RDN



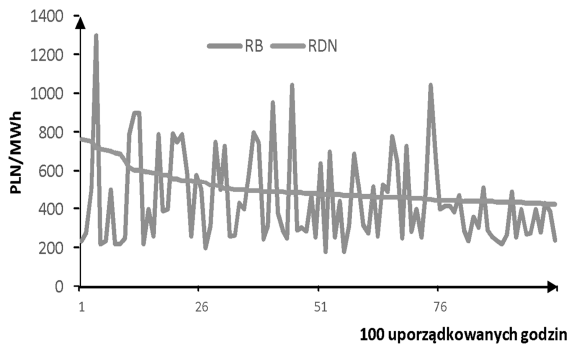
Rys. 4. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 2016 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RB



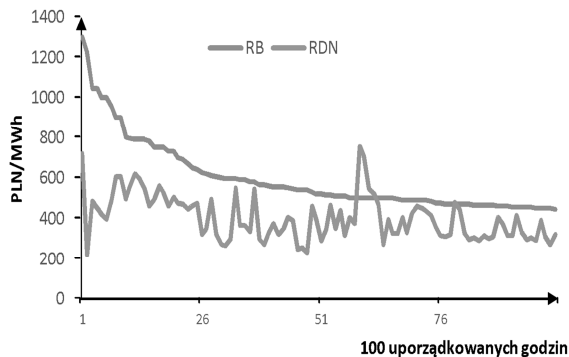
Rys. 5. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 2017 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RDN



Rys. 6. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 2017 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RB



Rys. 7. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 3 kwartałach 2018 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RDN



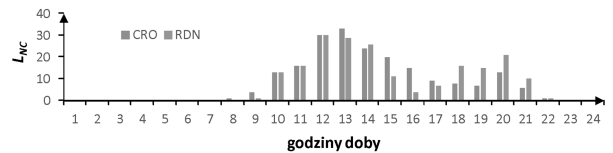
Rys. 8. Porównanie maksymalnych cen RB i RDN w 3 kwartałach 2018 roku - 100 h z maksymalnym uporządkowaniem RB

Potwierdzeniem rozbieżności mechanizmów wyznaczania cen (rynkowy – RDN i potencjału wytwórczego – RB) są przedstawione na rys. 1, wyniki porównania 100 godzin maksymalnej występujących cen uporządkowanych malejąco wg RDN i na rys. 2 odpowiadające porównanie

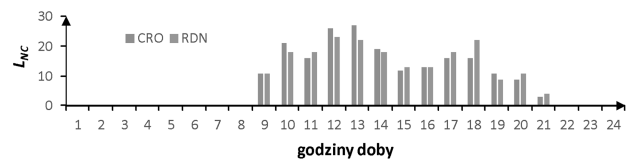
uporządkowane wg RB w roku 2015. Rys. 3 i 4 przedstawiają te same dane dla roku 2018, rys. 5 i 6 dla roku 2017, a rys. 7 i 8 dla 3 pierwszych kwartałów roku 2018. Z przedstawionych wykresów wynika, że częściej występująca jest sytuacja, w której ceny RB kształtują się na poziomie przekraczającym ceny RDN.

3.2. Analiza czasu wykorzystania cen

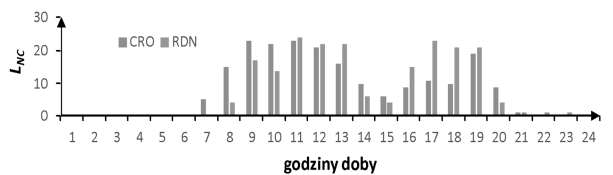
Istotnym z punktu widzenia wykorzystania źródeł rozproszonych jest określenie podaży w kontekście dobowo-godzinowym. Przeznaczenie źródeł rozproszonych zgodnie z ich przeznaczeniem, zakłada krótkotrwałe ich wykorzystanie przy sprzyjających warunkach ekonomicznych. W teorii sprzyjające warunki ekonomiczne powinny być odzwierciedleniem technicznych możliwości Krajowego Systemu Energetycznego. Jednakże w przypadku Polski, gdzie dodatkowo na zdolności techniczne ma wpływ przepływ energii elektrycznej z połączonych systemów krajów ościennych (np. Niemiec) często cena na rynku bilansującym wynika z wykorzystania przez Operatora najdroższych ofert wytwórczych, niezbędnych dla pokrycia nieplanowanego eksportu energii elektrycznej.



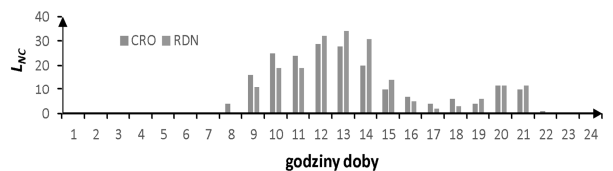
Rys. 9. Rozkład 200 maksymalnych cen RB i RDN w ujęciu dobowym w roku 2015



Rys. 10. Rozkład 200 maksymalnych cen RB i RDN w ujęciu dobowym w roku 2016



Rys. 11. Rozkład 200 maksymalnych cen RB i RDN w ujęciu dobowym w roku 2017



Rys. 12. Rozkład 200 maksymalnych cen RB i RDN w ujęciu dobowym w trzech kwartałach roku 2018

Założono, że warunki ekonomiczne są odzwierciedleniem technicznych możliwości systemu elektroenergetycznego. Na rys. 9, 10, 11 i 12 zaprezentowano rozkłady maksymalnych 200 godzinowych cen na polskim rynku. Dają one obraz, w których godzinach występują problemy z niedoborem energii w KSE.

Z wykresów wynika, że wysokie ceny energii występują najczęściej w godzinach 8-13 i 19-20. Jest to istotne z punktu widzenia działania źródeł rezerwowych, które często mogą wymagać obecności obsługi na miejscu. Okres dnia roboczego w godzinach 8-13 to z czas, w którym wytwarzanie energii w źródłach rezerwowych nie wymaga dodatkowego nakładu kosztów operacyjnych. Analiza potwierdza zatem zasadność wykorzystywania tych źródeł. Praca agregatu prądowców jako źródła wytwórczego ma sens jako uzupełnienie produkcji energii elektrycznej w zagregowanej grupie wytwórczej źródeł rozproszonych. Uzyskana wówczas średnia ważona ceny energii elektrycznej w takiej grupie, mimo wysokich kosztów wytwarzania energii w tym źródle jest niższa niż cena energii na rynku bilansującym RB.

4. WNIOSKI KOŃCOWE

Przedstawiona powyżej analiza potwierdza, że na rynku istnieją warunki do racjonalnego zarządzania źródłami rezerwowymi, przy czym podstawowym problemem jest dysproporcja pomiędzy rynkiem technicznym i rynkiem giełdowym. Wykorzystanie źródeł rozproszonych dla wzmocnienia strony podażowej KSE ma uzasadnienie ekonomiczne już w dzisiejszych warunkach rynkowych (wyniki przetargów na usługi DSR i aukcji mocy od 2021 roku). Ceny na rynku hurtowym przyjmują coraz wyższe wartości w niektórych godzinach doby – szczególnie w okresach minimalnej rezerwy systemowej. Prognozuje się przy tym, że ceny nadal będą rosły z uwagi na wzrost zapotrzebowania, brak jednoczesnego wzrostu strony podażowej i wprowadzenie opłaty stałej za gotowość lub za moc. Wobec tego wykorzystanie źródeł rezerwowych w wybranych godzinach doby może znacząco poprawić bilans dostępnej mocy na poziomie krajowym jak i lokalnym. Wzmocnienie strony podażowej na rynku energii może być realizowane w ramach usługi wykorzystania źródeł rozproszonych DSR. Dzięki temu, że uruchomienie źródeł rezerwowych cechuje się szybkim sterowaniem charakterystycznym dla technologii wytwarzania opartych na oleju napędowym lub gazie ziemnym oraz rozwiniętym narzędziom komunikacji możliwa jest bardzo szybka reakcja na nagłe problemy związane z niedoborem energii w sieci. Rozliczenie energii wytwarzanej przez źródła rezerwowe

powinno być prowadzone z wykorzystaniem instytucji agregatora usług systemowych w zagregowanej grupie wytwórczej (klastr energetyczny, wirtualna elektrownia, mikrosieć). Rolą agregatora będzie przede wszystkim wykorzystanie efektu skali drobnych źródeł i oferowanie operatorowi stabilnej generacji realizowanej w przewidywalnej wielkości. Ponadto agregator zapewni operacyjne wsparcie odbiorców biorących udział w programie wykorzystywania generacji rozproszonej, ich rozliczenie względem deklarowanej energii wprowadzanej do sieci oraz zasad uczestnictwa w programie operatorskim. Wykorzystanie generacji rozproszonej, a w tym źródeł rezerwowych może znacząco poprawić bezpieczeństwo energetyczne kraju, niskim kosztem inwestycyjnym i przy zachowaniu norm emisyjnych i ekologicznych.

5. BIBLIOGRAFIA

1. Popczyk J.: Energetyka rozproszona, Polski Klub Ekologiczny, Warszawa 2011
2. Rączka J., Swora M., Stawiany W.: Generacja rozproszona w nowoczesnej polityce energetycznej – wybrane problemy i wyzwania, NFOŚiGW, Warszawa 2012
3. Prognoza pokrycia zapotrzebowania szczytowego na moc w latach 2016 – 2035. Materiał informacyjny opracowany w Departamencie Rozwoju Systemu PSE S.A. Konstancin-Jeziorna, PSE S.A. 20 maja 2016
4. Paska J.: Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepła, Politechnika Warszawska, Warszawa 2010
5. Urbanek D., Paska J., Pawlak K., Terlikowski P., Kaliński J.: Analiza działania rynku bilansującego, Rynek energii elektrycznej. Rozwój, polityka, ekonomia", monografia Politechniki Lubelskiej, 2108, 121-134

Artykuł powstał w ramach projektu nr Gospostrateg 1/385085/21/NCBR/2018 pt. "Rozwój energetyki rozproszonej w klastrach energii" współfinansowanego ze środków Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach programu badań naukowych i prac rozwojowych „Społeczny i gospodarczy rozwój Polski w warunkach globalizujących się rynków” GOSPOSTRATEG.

ANALYSIS OF THE PROFITABILITY OF THE USE OF RESERVE SOURCES BASED ON THE STUDY OF MARKET PRICES OF ELECTRICITY

The article presents an analysis of the profitability of using reserve electric energy sources to complement energy production in periods of high prices. As energy sources, standby generators were used. The electricity price levels for the period 2015-2018 on the energy market were the basis of the analyzes. A mutual correlations of prices (Balancing Market and Polish Power Exchange), the frequency of high prices occurrence, their weekly and monthly distribution were also used. The analysis gives an answer to the question whether is an economic justification for use of dispersed, reserve energy sources on the electricity market. This is the basis for developing a forecast of the profitability of aggregation of reserve sources in the conditions of changing energy prices.

Keywords: reserve electric energy sources, Balancing Market, Polish Power Exchange, forecast of profitability.