

ANALIZA WPLYWU GENERACJI WIATROWEJ NA POZIOM REZERWY MOCY W KRAJOWYM SYSTEMIE ELEKTROENERGETYCZNYM

Autorzy: Zbigniew Polecki, Piotr Kacejko

("Rynek Energii" - luty 2017 r.)

Słowa kluczowe: energetyka wiatrowa, krajowy system elektroenergetyczny, rezerwa mocy

Streszczenie. W artykule przedstawiono wyniki badań związków korelacyjnych pomiędzy różnymi parametrami charakteryzującymi strukturę wytwarzania Krajowego Systemu Elektroenergetycznego a wartością mocy generowanej w farmach wiatrowych zlokalizowanych w Polsce. Wykazano, że gwałtowny wzrost mocy zainstalowanej energetyki wiatrowej nie pociąga za sobą konieczności wprowadzania do pracy systemu istotnie większej rezerwy wirującej. Wynika to z efektywnych mechanizmów prognozowania mocy z generacji wiatrowej oraz prawidłowego planowania struktury wytwarzania przez operatora systemu przesyłowego, uwzględniającego prognozowane zapotrzebowanie oraz inne czynniki zewnętrzne.

1. WSTĘP

Szybki rozwój energetyki wiatrowej w Polsce spowodował zmianę struktury wytwarzania w krajowym systemie elektroenergetycznym (KSE). Rozwój ten wyprzedził znacznie rozwój innych źródeł energii i powoduje powstawanie szeregu obiegowych, powtarzanych w mediach opinii, na ogół niekorzystnych dla energetyki wiatrowej. Jedną z nich polega na twierdzeniu, że wzrost mocy zainstalowanej w KSE pociąga za sobą konieczność utrzymywania wysokiego poziomu rezerwy wirującej, tak by w każdej chwili mógł być skompensowany ubytek mocy wywołany „niestabilnym” poziomem generacji wiatrowej. Chęć zweryfikowania prawdziwości tych opinii skłoniła autorów do wykonania prezentowanej w artykule analizy [1].

Pierwsze farmy wiatrowe o liczącej się mocy powstawały w Polsce w 2006 r. Obecnie, na koniec roku 2016 ich moc zainstalowana sięgnie prawdopodobnie 6 000 MW [2, 3, 4]. Równocześnie wobec mocy osiągalnej Jednostek Wytwórczych Centralnie Dysponowanych (JWCD) pozostającej od 2011 r. niezmiennie na poziomie 26 000 MW, procentowy udział energetyki klasycznej w strukturze wytwarzania KSE (pod uwagę brano moc osiągalną) zmalał z 71% do 61% (jednocześnie dla jednostek nJWCD spadek z 27% do 24%). Zmiany te wynikają właśnie ze wzrostu udziału mocy zainstalowanej energetyki wiatrowej – z 2% w 2010 r. do 15% w roku 2016.

2. OBIEKT I METODA BADAŃ

W artykule została przeanalizowana praca KSE z uwzględnieniem elektrowni ciepłych wszystkich rodzajów, elektrowni wodnych (wszystkich rodzajów) oraz elektrowni wiatrowych (inne źródła OZE z uwagi na małą wartość mocy zainstalowanej zostały pominięte).

Dzięki uprzejmości Operatora Systemu Przesyłowego – firmy PSE SA, uzyskano dostęp do danych opisujący szczegółowo strukturę wytwarzania KSE zapisywanych w systemie informatycznym z krokiem 15-minutowym (wszystkie kwadransy z lat 2011-2016). Opis objął bardzo rozległą macierz danych (192 720 wierszy odpowiadających kwadransom), w tym między innymi: zapotrzebowanie KSE, saldo wymiany równoległej, sumę generacji JWCD ciepłych i wodnych zaplanowanych do pracy, planowaną generację elektrowni wiatrowych, rezerwę całkowitą dodatnią i ujemną w JWCD, rezerwę zimną. Badane zbiory danych zostały przeanalizowane w programach Statistica 12.5 oraz Gretl.

Celem podstawowym analizy było określenie istotności oraz siły wpływu, jaki ma generacja elektrowni wiatrowych na rezerwy mocy JWCD, zarówno dla zmiennych planu jak i ich realizacji.

Z punktu widzenia metod statystycznych zmienne dotyczące rezerw mocy (zarówno planowanych jak i ich realizacji) są szeregami czasowymi o rosnącym trendzie wieloletnim, o silnej autokorelacji z sezonowością roczną, tygodniową oraz dzienną.

3. WYNIKI BADAŃ

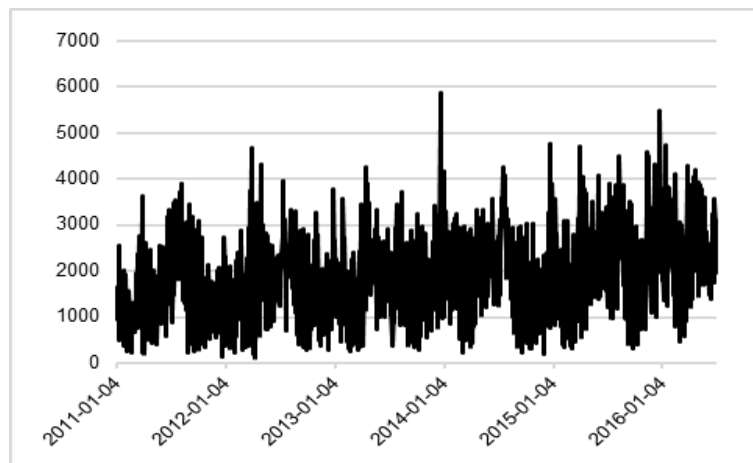
W ramach przeprowadzonych badań przeanalizowano wartości planowane i rzeczywiste (średnie, minimalne i maksymalne) mocy elektrowni wiatrowych, zapotrzebowanie w KSE oraz wartości rezerwy mocy w latach 2011-2016. Te same analizy zostały powtórzone dla wybranych grup dni tygodnia (dni robocze i dni wolne od pracy) oraz godzin szczytu wieczornego, przedpołudniowego i doliny nocnej.

Z przeprowadzonych analiz wynika szereg interesujących obserwacji, z których przykładowe podano poniżej. Dotyczą one porównania wartości generacji wiatrowej z wartością rezerwy wirującej w JWCD ciepłych oraz wartością rezerwy szybkiej (JWCD ciepłe plus JWCD wodne dostępne natychmiast). Zauważono zatem, że:

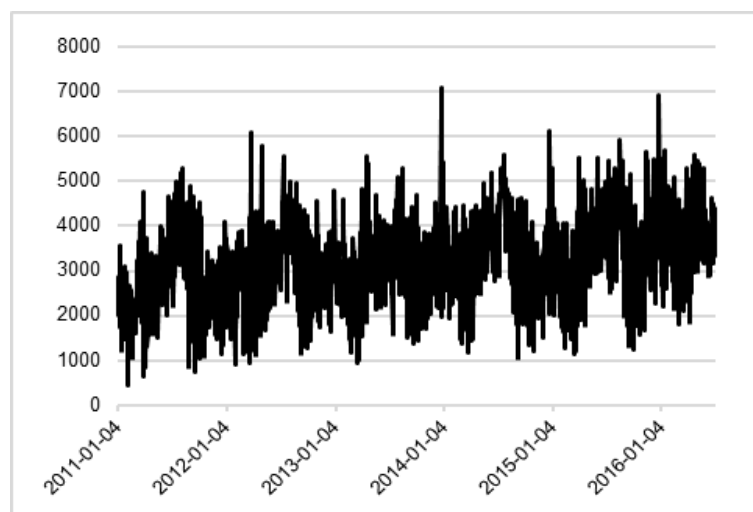
- średnio w szczytach wieczornych, w roku 2011 rezerwa wirująca JWCD ciepłych wynosiła 1540 MW (rezerwa szybka JWCD 2767 MW), przy średniej mocy osiągalnej elektrowni wiatrowych 356 MW; w roku 2016 rezerwa wirująca JWCD ciepłych wynosiła 2443 MW (rezerwa szybka JWCD 3742 MW), przy średniej mocy osiągalnej elektrowni wiatrowych 1172 MW;

- w dolinach nocnych, w warunkach maksymalnej generacji wiatrowej, w roku 2011 rezerwa wirująca JWCD ciepłych wynosiła 7818 MW (rezerwa szybka JWCD 8503 MW), przy mocy osiągalnej elektrowni wiatrowych 1411 MW; w roku 2016 rezerwa wirująca JWCD elektrowni ciepłych wynosiła 8503 MW (rezerwa szybka JWCD 10199 MW), przy maksymalnej mocy osiągalnej elektrowni wiatrowych 4773 MW;
- w szczytach wieczornych dni wolnych od pracy, w warunkach maksymalnej generacji wiatrowej, w roku 2011 rezerwa wirująca JWCD ciepłych wynosiła 4924 MW (rezerwa szybka JWCD 6225 MW), przy mocy osiągalnej elektrowni wiatrowych 1424 MW; w roku 2016 rezerwa wirująca JWCD ciepłych wynosiła 5185 MW (rezerwa szybka JWCD 6451 MW), przy maksymalnej mocy osiągalnej elektrowni wiatrowych 4325 MW.

Pokazane na rys. 1 oraz 2 wartości rezerwy wirującej w KSE (w JWCD ciepłych oraz szybkiej) w badanym okresie 2011 – 2016 wskazują zauważalny trend wzrostowy, nie jest on jednak wyraźny i dynamiczny, może być oszacowany na 1000 – 1500 MW.



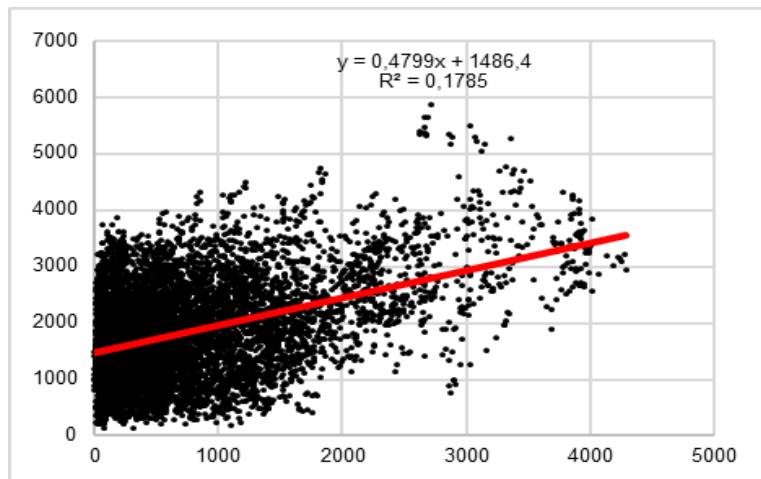
Rys. 1. Wartości chwilowe mocy rezerwy wirującej elektrowni ciepłych JWCD w KSE w szczytach wieczornych dni roboczych w latach 2011-2016



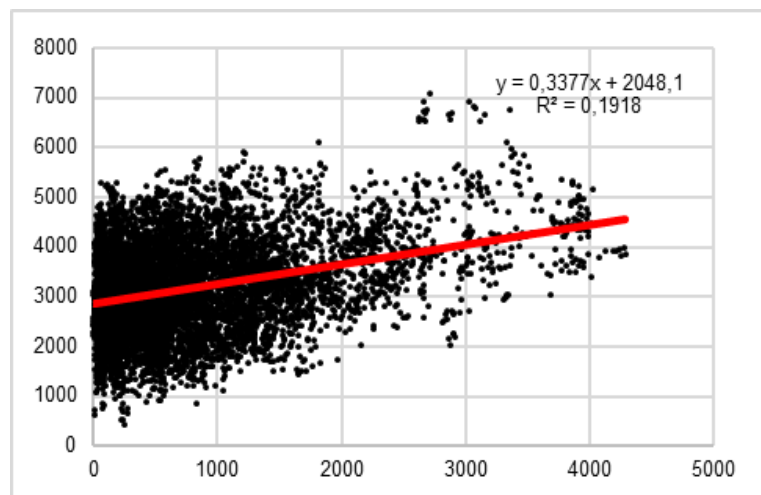
Rys. 2. Wartości chwilowe mocy rezerwy szybkiej w JWCD w KSE w szczytach wieczornych dni roboczych w latach 2011-2016

Zasadnicze znaczenie dla uzyskanych wyników miało badanie związków korelacyjnych pomiędzy wielkością mocy zainstalowanej wiatraków pracujących w KSE, a mocą rezerwy wirującej.

Jak wskazują wyniki pokazane na rys. 3 oraz 4 korelacja ta jest stosunkowo słaba, co przeczy przedstawionej na wstępie obiegowej opinii medialnej, o wymuszaniu dużej wartości rezerwy przez generację wiatrową.



Rys. 3. Wpływ pracy elektrowni wiatrowych na zmiany poziomu rezerwy wirującej elektrowni ciepłych JWCD w szczytach wieczornych dni roboczych



Rys. 4. Wpływ pracy elektrowni wiatrowych na zmiany poziomu rezerwy szybkiej elektrowni JWCD w szczytach wieczornych dni roboczych

Słabość tej korelacji wynika z dwóch podstawowych faktów. Po pierwsze OSP dysponuje bardzo dobrymi instrumentami prognostycznymi, które pozwalają na precyzyjne oszacowanie mocy osiągalnej energetyki wiatrowej w horyzoncie czasowym odpowiednim dla ustalania rezerwy wirującej. Tym samym jest ona dobierana prawidłowo na podstawie przewidywanej

mocy z farm wiatrowych, a nie do mocy w nich zainstalowanej. Po drugie o aktualnym poziomie rezerwy wirującej w KSE decyduje szereg innych czynników niż energetyka wiatrowa. Można tu wymienić zmiany pogody, dobową i sezonową zmienność zapotrzebowania oraz aktualną dyspozycyjność poszczególnych bloków. W badaniach analizowano także inne związki korelacyjne pomiędzy mocą zainstalowaną w farmach wiatrowych, a charakterystycznymi parametrami struktury wytwarzania KSE.

4. PODSUMOWANIE

Analiza wyników przeprowadzonych badań pozwala na stwierdzenie, że w badanym okresie (lata 2011-2016) średni poziom utrzymywanej rezerwy mocy w KSE wzrósł o 13,5% dla elektrowni ciepłych oraz o 27,5% dla wszystkich JWCD. W tym samym okresie nastąpił bardzo wyraźny wzrost mocy generacji wiatrowej aż o 270%. Tym samym nieuprawnione jest twierdzenie, że wzrost mocy generowanej w elektrowniach wiatrowych wymusza nieadekwatny do potrzeb KSE wzrost rezerwy mocy.

W okresach obciążenia szczytowych na poziom utrzymywanej rezerwy w elektrowniach ciepłych największy wpływ ma wpływ obciążenie KSE. Zwiększenie się obciążenia w systemie skutkuje obniżaniem się rezerwy mocy w elektrowniach ciepłych (średnio ok. 0,15 MW na 1 MW wzrostu zapotrzebowania w dniach roboczych oraz 0,21 MW w dniach świątecznych). Znacznie szybciej obniża się rezerwa mocy w elektrowniach wodnych. W dolinach obciążenia korelacja pomiędzy rezerwą mocy w KSE i zapotrzebowaniem mocy w systemie jest dodatnia. Najmniejsza rezerwa wirująca występuje wówczas, gdy ze względu na bardzo niskie zapotrzebowania część elektrowni ciepłych JWCD zostaje odstawiona do rezerwy a elektrownie szczytowo-pompowe pracują w reżimie pompowym.

Wzrost mocy generowanej w elektrowniach wiatrowych w szczytach obciążenia jest skorelowany ze wzrostem poziomu rezerwy wirującej. Największy obserwowany wpływ generacji wiatrowej na poziom rezerwy wirującej, występował w szczytach obciążenia w dniach roboczych. Wzrost mocy elektrowni wiatrowych wywoływał wzrost poziomu rezerwy wirującej elektrowni ciepłych JWCD o 0,48 MW na 1 MW mocy elektrowni wiatrowych, a dla całkowitej rezerwy wirującej mocy w systemie o 0,37 MW. Wyniki te obciążone są jednak dużą niepewnością, gdyż kwadrat współczynnika korelacji Pearson'a (R^2) jest w obu przypadkach niższy od 0,20. Można zatem, w tym przypadku, mówić o trendzie a nie o korelacji zjawisk. Dla pozostałych okresów doby nie występują istotne statystycznie korelacje pomiędzy wzrostem mocy zainstalowanej w wiatrakach a badanymi zmiennymi, gdyż współczynnik R^2 jest we wszystkich przypadkach mniejszy od 0,1.

LITERATURA

- [1] Połecki Z., Kacejko P.: *Analiza wpływu generacji źródeł wiatrowych na poziom rezerwy mocy w Krajowym Systemie Elektroenergetycznym*. Katedra Sieci Elektrycznych i Zabezpieczeń. Lublin, 30 sierpnia 2016 r.
<http://elektron.pol.lublin.pl/kseiz/sites/default/files/Zalaczniki/Analiza%20vII.pdf>
- [2] Klepacki A.: *Wpływ energetyki wiatrowej na system elektroenergetyczny*. Rynek Energii 2(117)/2015
- [3] Paska J., Surma T.: *Electricity generation from renewable energy sources in Poland*. Renewable Energy, Volume 71, November 2014, Pages 286-294.
- [4] Połecki M., Kozłowiec B.: *The impact of the delta work mode of wind power generation on electrical energy costs*. Rynek Energii 5(114)/2014

INFLUENCE OF WIND POWER GENERATION ON OPERATIONAL RESERVE IN POLISH NATIONAL GRID

Key words: wind power, Polish National Grid, operational reserve

Summary. The article presents the correlation between various parameters of electric power generation in the National Grid and the level of power generation in Polish wind farms. It has been proven that the rapid growth of wind power generation does not significantly impact on the operational reserve limits. It results from efficient forecasting mechanisms of wind power generation and correct structure planning by the transmission system operator, which takes into account forecasted load demand and other external factors.

Piotr Kacejko, prof. dr hab. inż., jest pracownikiem Politechniki Lubelskiej,
email: p.kacejko@pollub.pl.

Zbigniew Połecki, dr inż., jest pracownikiem Politechniki Lubelskiej,
email: z.polecki@pollub.pl.