

prof. dr hab. inż. Janusz Badur, dr inż. Daniel Sławiński, Zakład Konwersji Energii, Instytut Maszyn Przepływowych PAN

Rozruchy maszyn energetycznych

we współpracy z odnawialnymi źródłami energii

Wartykule poruszono problem koegzystencji konwencjonalnych bloków parowych z silnie rozwijającą się energetyką odnawialną. Wskazano na zagrożenia, jakie wynikają z różnych specyfik pracy poszczególnych źródeł. Na bazie przeglądu możliwych schematów zaproponowano własny sposób współpracy dużych bloków parowych z źródłami OZE. Wykorzystana w tym celu adaptacja sprężysto-plastyczna materiału umożliwiła zmniejszenie czasów startów i odstawień o 40%. Wskazano kierunki rozwoju modernizacji turbozespołów parowych w celu uzyskania pełnej zamienności prac OZE/turbina parowa, służących wyeliminowaniu luk powstałych w Krajowych Sieciach Energetycznych spowodowanych nieprzewidywalnością warunków pogodowych.

W niedalekiej przyszłości energetyka stanie przed nowymi wyzwaniami związanymi ze współpracą z odnawialnymi źródłami energii, jako ich zamiennik lub rezerwar mocy. Istotnym czynnikiem utrudniającym koegzystencję mogą być odległości pomiędzy źródłami (rys. 1). Większość farm wiatrowych ulokowana jest w północnej części kraju, natomiast zdecydowana większość elektrowni znajduje się blisko źródeł paliw kopalnych, czyli w głównej mierze Śląska.

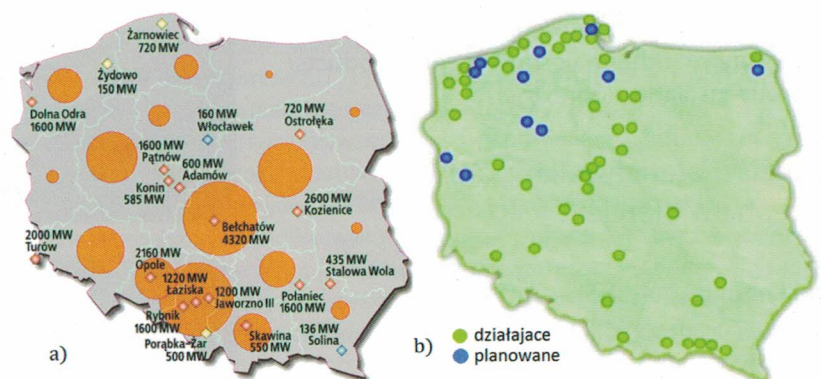
Receptą na ten stan może być szeroko rozumiana „prosumencka gospodarka wytwarzania energii” [1] [2]. Niewątpliwą zaletą takiego działania jest samowystarczalność i autonomiczność energetyczna lokalnych sieci skupionych wokół lokalnych źródeł. Ideą takiego podejścia jest założenie, że każde gospodarstwo (może te większe) będzie zarówno konsumentem, jak i producentem energii na własne potrzeby [10].

Podejście to, rozpowszechnione w szerokiej skali, posiada wiele zalet, jak np. brak strat związanych z przesyłem pomiędzy źródłem, a odbiorcą finalnym. Duże rozpowszechnienie prosu-

menckiego wytwarzania energii eliminuje, w części lub całkowicie, huśtawki zapotrzebowania mocy spowodowane przez gospodarstwa domowe. Udział ich w całkowitym bilansie energetycznym kraju nie jest wysoki, natomiast powoduje występowanie szczytowych zapotrzebowań mocy lub ich spadków. Wyeliminowanie dolin i wzniesień na wykresach (rys. 2), pozwala na pracę turbozespołom konwencjonalnym w tzw. podstawie mocy,

bez drastycznych wahań ilości jej wytwarzania. Jest to oczywiście podejście finalne. Do chwili wykrystalizowania się energetyki prosumenckiej potrzebne są działania przejściowe, które umożliwiłyby swobodny rozwój OZE z zachowaniem stabilności działania sieci energetycznych.

Podejściem podstawowym i chyba zupełnie pozbawionym racjonalności ekonomicznej jest budowanie dla każdej

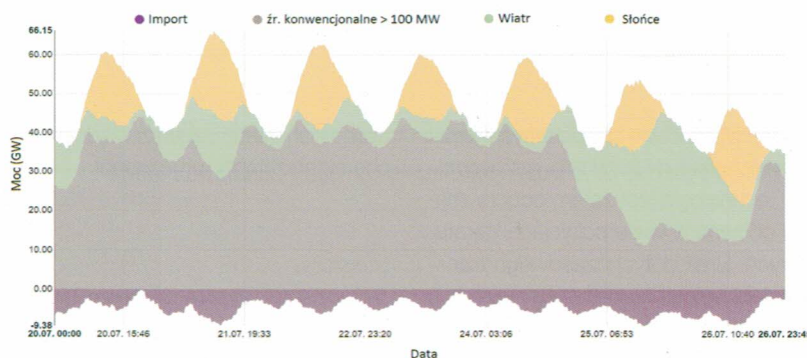


Rys. 1. Rozmieszczenie źródeł wytwarzania energii: a) konwencjonalne, b) odnawialne - farmy wiatrowe (źródło: Polskie Stowarzyszenie Energetyki Wiatrowej [9])

farmy OZE zdublowanej jednostki wytwarzającej energię w sposób konwencjonalny (najczęściej w postaci turbin gazowych). Zapewnić ma ona wypełnienie luki w KSE (Krajowe Sieci Energetyczne), powstałej w wyniku nieprzewidywalności warunków pogodowych. Innym kierunkiem lobbowanym przez zbyt dużych entuzjastów zielonej energii było podejście mówiące, że jeżeli zbudujemy dostatecznie dobrze rozbudowaną sieć przesyłową to, pomimo że w naszym regionie kraju aktualnie nie świeci słońce lub nie wieje wiatr, to gdzieś w Europie w tym czasie takie sprzyjające warunki będą istnieć. Jak już wspomniano, takie podejście wiąże się z bardzo dużymi inwestycjami w modernizację lub budowę nowych linii energetycznych.

Lepszym podejściem jest budowa akumulatorów mocy, znajdujących się blisko źródeł energetycznych. Opis takich rozwiązań znaleźć można w pracach Taler [7]. Magazynowanie energii umożliwiłoby gromadzenie jej w czasie, gdy warunki pogodowe na to pozwalają i oddawanie jej do sieci w chwilach zapotrzebowania. Innym zastosowaniem akumulatorów, tym razem umiejscowionych w pobliżu bloków konwencjonalnych, byłoby magazynowanie energii wykorzystywanej w trakcie szybkich startów i odstawień turbozespołów parowych wraz z kotłem. Odpowiednie dogrzewanie niwelowałoby gradienty temperatury powstające w trakcie rozruchów.

Kolejną drogą dla rozwoju turbozespołów parowych jest ich współdziałanie z OZE na zasadzie równoprawności udziału w wytwarzaniu energii. Podejście to opisane zostało w pracy Sławiński [6] i bliskie jest temu, jakie przedstawione jest w pracach szkoły krakowskiej. W podejściu tym, krótsze czasy rozruchów i odstawień uzyskuje się poprzez zastosowanie dokładniejszej kontroli nad wyłączeniem materiału, a nie jak w omawianym przykładzie poprzednio - akumulatorach mocy. W trakcie prowadzenia rozruchu dopuszcza się do niewielkiego uplastycznienia najbardziej wyężonych miejsc w turbinie otrzymu-



Rys. 2. Bilans energetyczny Niemiec odczytany w 30 tygodniu 2015 r. (źródło: *The German Energiewende* [8])

jąc w zamian krótsze czasy rozruchu. Zmniejszenie czasu rozruchu dla bloku 380 MW wynosi około 40%, co przekłada się na całkowity czas startu maszyny ze stanu zimnego z 5 godz. do 3,5.

Zastosowanie sprężysto-plastycznej adaptacji odnosić może się zarówno do skrócenia czasu startu turbiny, jak również jej odstawienia. O ile korzyści są wymierne, to metoda ta, pomimo że dobrze opisana w literaturze i stosowana z powodzeniem od dziesiątków lat w innych gałęziach przemysłu [3] [4], wymaga od potencjalnego użytkownika dużo większego wkładu w monitorowanie stanu wyężenia konstrukcji. Wymaga również od kadry inżynierskiej posługiwanie się dużo bardziej skomplikowanym aparatem matematycznym. Podstawy modelu matematycznego oraz aplikacje na rzeczywistej geometrii przedstawiono w pracach Sławiński [5, 6]. Ideą takiego podejścia jest zapewnienie szybszych startów i odstawień bloków energetycznych umożliwiających turbozespołom parowym, projektowanym do pracy w trybie podstawowym, pracę chwijną w reżimie dzień-noc.

Drugą zaletą podejścia jest także skrócenie czasów rozruchów, aby możliwe było utrzymanie bloków parowych w tym czasie farm OZE. Nagłe załączenie farm lub wypadnięcie ich z sieci nie wiązałoby się z powstaniem luki lub nadwyżki mocy w KSE. Powstały niedobór mocy zastąpiony byłby przez szybkie załączenie wspomnianych bloków parowych utrzymywanych w rezerwie. Podejście to, jakkolwiek wymaga ingerencji w konstrukcję turbiny, może być alternatywą dla budowy rezerwowych bloków

gazowych. Niepomijalnym jest również fakt całkowitej wielkości mocy, jaką jest zainstalowana w OZE (rys. 2). Jej wielkość jest tak znaczna, że wypadnięcie chociażby farm wiatrowych nie może być zastąpione bez załączania bloków parowych o dużych mocach. Inaczej mówiąc, w najbliższej przyszłości skazani jesteśmy na koegzystencję energetyki parowej tzw. zawodowej z ciągle rozwijającymi się źródłami energetyki zielonej [2].

Dalszym krokiem w rozwoju rozruchów turbin konwencjonalnych pracujących w koegzystencji z farmami OZE, będą zmiany wprowadzane już na etapie projektowym turbozespołu. Do najważniejszych z nich wymienić należy chociażby: pokrywanie warstwą ceramiki topatek 1 stopnia lub wytwarzanie, jak to ma miejsce w turbinach gazowych, w całości ze spieków ceramicznych. Pokrywanie komór stopnia regulacyjnego, jak i najbardziej wyężonych miejsc w podzespołach płytkami ceramicznymi, zapewniającymi odizolowanie wysokiego gradientu temperatury od materiału korpusu niosącego obciążenia mechaniczne konstrukcji.

Najważniejszą kwestią i wyzwaniem jakie stoi przed nauką i inżynierami jest zastosowanie chłodzenia, zarówno w odniesieniu do najbardziej obciążonych termicznie topatek części WP i SP, jak również do części tych obszarów korpusu, które poddane są silnym obciążeniom cieplnym w trakcie rozruchów i odstawień. Zmiany zapisane w akapitach powyżej, jakkolwiek brzmią nowo dla środowisk związanych z energetyką konwencjonalną opartą o turbozespoły parowe, są powszechnie stosowane



i znane w lotnictwie czy przemyśle związanym z ciężkimi turbinami gazowymi.

Technologia jest zatem dobrze znana i opisana w wielu pozycjach literaturowych. Brak dotychczasowego transferu technologii tłumaczony może być brakiem dotychczasowej koniunktury na tego typu rozwiązania. Przez szereg lat przyzwyczajeni byliśmy, że podstawowymi parametrami, jakie były rozpatrywane w energetyce konwencjonalnej - była moc turbozespołu oraz jego sprawność. Szybkość prowadzenia rozruchu była sprawą drugorzędą, mającą status poboczny, który wynikał często z, zakładanej już na wstępie projektowania, pracy turbozespołu parowego w trybie podstawowym. Wprowadzenie odnawialnych źródeł energii OZE oraz ich dużych farm podniosło zagadnienie szybkości załączeń i odstawień do rangi istotnej cechy,

mającej charakter pierwszorzędnej danej charakteryzującej turbozespół.

□

Literatura

[1] Kiciński J., Żywica G. *Steam Microturbines in Distributed Cogeneration*. Wyd. Springer. Gdańsk 2014. ISBN 978-3-319-12018-8 (eBook).

[2] Kleiber M. *Mądra Polska*. Wyd. IPPT PAN. Warszawa 2015.

[3] Köning J.A. *Shakedown of Elasto-Plastic Structures*. Wyd. PWN. Warszawa 1987.

[4] Sawczuk A., Janas M., Köning J.A. *Analiza plastyczna konstrukcji*. Wyd. PAN. Warszawa 1972.

[5] Sławiński D., Badur J., *A concept of Elasto-plastic material adaptation by the thermal-FSI simulation*. PCM-CMM-2015 -3rd Polish Congress of mechanics & 21st

Computer Methods in Mechanics. Gdańsk 8-11 września 2015.

[6] Sławiński D. *Rozruch maszyn energetycznych z uwzględnieniem sprężysto-plastycznej adaptacji konstrukcji*. Rozprawa Doktorska IMP PAN. Promotor prof. dr hab. inż. J. Badur. Gdańsk 2016.

[7] Taler J., Dzierwa P., Taler D., Harchut P., *Optimisation of the boiler start-up taking into account thermal stresses*, 12th International Conference on Boiler Technology, Prace Naukowe IMiUE Pol. Śląskiej, Szczyrk 2014.

[8] www.energietransition.de

[9] www.psew.pl

[10] Hyrzyński R., Karcz M., Lemański M., Nojek S. *Współzmiennosc generacji energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych i fotowoltaicznych w warunkach zbliżonych do polskich*. Acta Energetica, 4/17 (2013), 22-26.



Elastyczność małego przedsiębiorstwa, siła potężnej Grupy

Ekspert w zakresie odzysku odpadów od 1922r., firma TIRU projektuje, buduje oraz eksploatuje instalacje przekształcania termicznego, biologicznego oraz surowcowego na terenie Francji, Wielkiej Brytanii i Kanady. Będąc czołowym graczem swojego sektora, TIRU posiada równoważność 600 lat doświadczeń w zakresie eksploatacji instalacji przekształcania odpadów. Od 1946r. TIRU jest filią grupy EDF.

Dzisiejsze potrzeby, jutrzejsze rozwiązania

Każdego roku TIRU przekształca 3,2 miliona ton odpadów, zaspokajając tym samym potrzeby 11 mln mieszkańców na całym świecie. Dzięki całkowitej mobilizacji sił w zakresie odzysku odpadów, działania firmy TIRU pozwalają na zaoszczędzenie 1,5 miliona barytek ropy rocznie, co odpowiada 690 000 ton unikniętej emisji CO₂.

Ekspert w zakresie produkcji energii odnawialnych z odpadów

Wykorzystując **Wasze odpady komunalne**, stosując różne technologie, **zasila** Waszą sieć elektryczną, miejską sieć ciepłowniczą, lub sieć dystrybucji gazu naturalnego

To regularnie dostarczana energia do zaspokojenia Waszych potrzeb.

Kontakt w Polsce:

Exp-Peco Conseil
Andrzej Bednarz
Tel : +48 605 347 784
expeco2@orange.fr

