

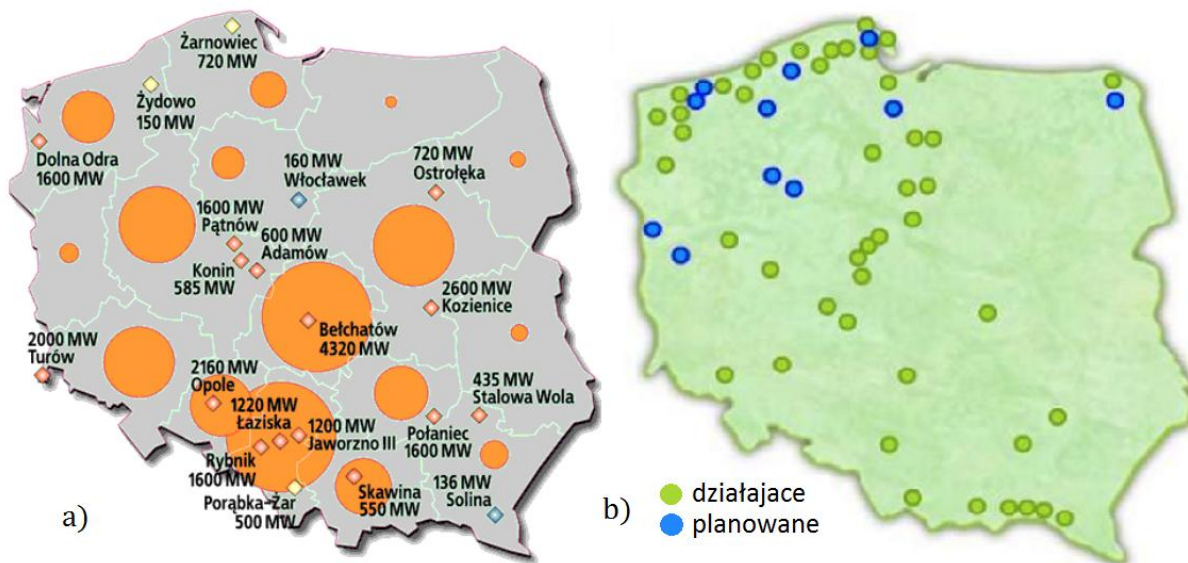
Rozruchy maszyn energetycznych we współpracy z odnawialnymi źródłami energii

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

("Nowa Energia" - 4/2016)

W artykule 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.

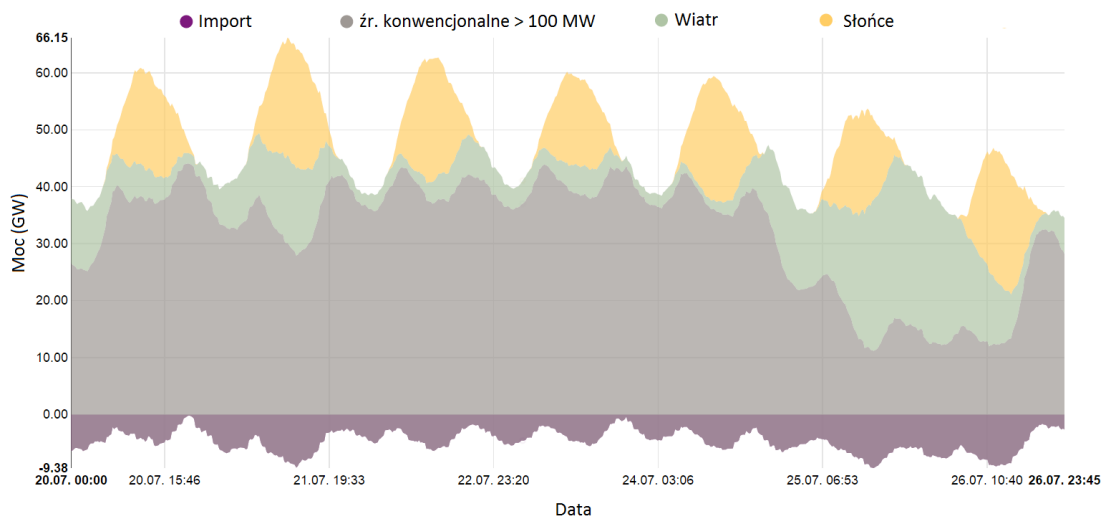
W niedalekiej przyszłości energetyka stanie przed nowymi wyzwaniami związanymi ze współpracą z odnawialnymi źródłami energii, jako ich zamiennik lub rezerwar mocy. Istotnym czynnikiem utrudniającym koegzystencję mogą być odległości pomiędzy źródłami (rys. 1). Większość farm wiatrowych ulokowana jest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



Rys. 1. Rozmieszczenie źródeł wytwarzania energii: a) konwencjonalne, b) odnawialne - farmy wiatrowe.

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 prosumenckiego 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 wykrywania się energetyki prosumenckiej potrzebne są działania przejściowe, które umożliwiłyby swobodny rozwój OZE z zachowaniem stabilności działania sieci energetycznych.



Rys. 2. Bilans energetyczny Niemiec odczytany w 30 tygodniu 2015 r.

Źródło *The German Energiewende* [8]

Podejściem podstawowym i chyba zupełnie pozbawionym racjonalności ekonomicznej jest budowanie dla każdej 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 wyężeniem materiału, a nie jak w omawianym przykładzie poprzednio - akumulatorach mocy. W trakcie prowadzenia rozruchu dopuszcza się do niewielkiego uplastycznienia najbardziej wyężonych miejsc w turbinie otrzymując 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 posługiwania 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 chwiejną w reżimie dzień-noc.

Drugą zaletą podejścia jest także skrócenie czasów rozruchów, aby możliwe było utrzymanie bloków parowych jako gorącej rezerwy dla pracujących 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, jaka 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 koegzystencje 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 łopatek 1 stopnia lub wytwarzanie, jak to ma miejsce w turbinach gazowych, w całości ze spieków ceramicznych. Pokrywanie komór stopnia regulacyjnego, jak i najbardziej wyłożonych 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 łopatek 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 turbozespoł.

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. Współzmiennność generacji energii elektrycznej w elektrowniach wiatrowych i fotowoltaicznych w warunkach zbliżonych do polskich. Acta Energetica, 4/17 (2013), 22-26.