

Nieprzerwana energia z kapryśnego wiatru

Groźba zmian klimatycznych spowodowanych emisją CO₂ i ograniczona dostępność tradycyjnych paliw zwiększają zainteresowanie odnawialnymi źródłami energii. W miarę jak nabierają one coraz większego znaczenia, operatorzy sieci energetycznych i dostawcy prądu muszą zaadaptować do nich swoje strategie. Na przykład wiatr to prawie idealne źródło energii: czyste, odnawialne, o ogromnym potencjale wzrostu. Ma jednak i wadę: gdy przestaje wiać, wirniki turbin przestają się kręcić i moc nie jest generowana.

Dostawy prądu z wiatraków podlegają gwałtownym i nieprzewidywalnym zmianom. Jednak konsumenci energii nie są przygotowani do takiego trybu dostaw: zapalone światła muszą się świecić, maszyny przemysłowe nie mogą się zatrzymać. Dostawcy prądu muszą więc znaleźć sposoby zagwarantowania ciągłości dostaw.

Poza koniecznością kompensowania okresowych braków dostaw z wiatraków i ogniw słonecznych, operatorzy sieci energetycznych powinni dostosować się do innych zmian wynikających z wykorzystywania odnawialnych źródeł energii. Jest ona bowiem często dostarczana do sieci w miejscach, z których jej możliwości przesyłu są słabe. Proces budowy nowych sieci jest powolny i kosztowny, przy tym inwestycje takie często budzą sprzeciw opinii publicznej. Operatorzy sieci energetycznych

muszą więc przyjąć nowe strategie, aby zabezpieczyć ciągłość dostaw na poziomie oczekiwanym przez konsumentów.

Odnawialne źródła energii są kluczowe z punktu widzenia zrównoważonych systemów energetycznych.

W tym kontekście szczególnie istotna jest energia elektryczna, jako że żadna inna forma energii nie jest tak uniwersalna. Poza tym, nowe źródła energii można integrować z istniejącymi sieciami zaopatrzenia w sposób ewolucyjny, posuwając się naprzód małymi krokami. Odnawialne źródła energii zajmują ważne miejsca w polityce energetycznej wielu krajów, a ich wdrażanie jest bardzo promowane.

Zasadniczymi odnawialnymi źródłami energii są słońce, wiatr, woda, biomasa i energia geotermiczna. Poszczególne rodzaje tych źródeł są dość zróżnicowane pod względem dostępności, postaci i kosztu pozyskania.

Hydroenergia zawsze była bardzo atrakcyjna i od początków ery sieci energetycznych stanowiła znaczącą część wykorzystywanych pierwotnych źródeł energii. Przy spełnieniu odpowiednich warunków do jej podstawowych zalet należą wysoka konkurencyjność ekonomiczna, bezpieczna postać, akceptacja społeczna, przewidywalna i ciągła dostępność. Podstawową wadą z punktu widzenia perspektyw na przyszłość są jej ograniczone możliwości rozwoju, gdyż może być wy-

korzystywana jedynie w ściśle określonych warunkach terenowych.

Energia z biomasy i geotermiczna – również nie będąc obciążona wadą krótkookresowych fluktuacji dostępności, także zależy od umiejscowienia i jest atrakcyjna tylko przy spełnieniu określonych warunków lokalnych.

Energia słoneczna i wiatrowa to już jednak inna sprawa. Strumień energii docierającej do powierzchni Ziemi jako promieniowanie słoneczne znacznie przewyższa potrzeby ludzkości, a ponadto (teoretycznie) jest dostępny w każdym miejscu. Z energii wiatru najefektywniej można korzystać w obszarach nadbrzeżnych, choć nie wszędzie wieje on z taką samą siłą. Niestety, niewielkie rozpowszechnienie obu tych źródeł skutkuje względnie wysokimi kosztami pozyskiwania z nich energii i w konsekwencji prąd z takich źródeł nie może konkurować cenowo z obecnie tanim prądem uzyskiwanym konwencjonalnie. Jednak ze względu na rosnące obawy co do niekorzystnych zmian klimatycznych spowodowanych emisją CO₂ i inną działalnością człowieka powiększającą warstwę gazów cieplarnianych wiele krajów już wdrożyło strategię poprawiającą ekonomiczną atrakcyjność energii z wiatru. Na koniec roku 2003 na świecie zainstalowano generatory wiatrowe o łącznej mocy 39 000 MW, z czego 14 000 MW w samych Niemczech, kraju przodującym w tej dziedzinie. Dwa lata temu niemieckie wiatraki wygenerowały 19,1 TWh energii elektrycznej, czyli 3,8 proc. energii przesłanej przez sieci energetyczne naszego zachodniego sąsiada.

Poza aspektami ekonomicznymi także inne cechy odróżniają wiatr i słońce od pozostałych odnawialnych źródeł energii. Są one dostępne w wielu miejscach, ale często poza obszarami największego wykorzystania, czyli tam, gdzie sieć przesyłowa jest stosunkowo słaba. Poza tym, moc generowana z takich źródeł może szybko się zmieniać. Gdy ich udział w sieci staje się odpowiednio wysoki – jak w przypadku sieci niemieckiej – konsekwencje dla całego systemu energetycznego mogą okazać się znaczne.

Wybór lokalizacji dla elektrowni wiatrowych i słonecznych jest dyktowany dostępnością energii pierwotnej (zwłaszcza jeśli koszty przesyłu nie zależą od punktu wprowadzenia energii do sieci). Często są to obszary słabo zamieszkałe.

Na przykład w Niemczech większość wiatraków stoi na północy, w regionach nadmorskich, gdzie sieci energetyczne są słabe. Jednakże już dzisiejszy poziom produkcji energii wymaga ich modernizacji. Jeśli zostanie zrealizowany plan budowy wiatraków na Morzu Północnym, w pobliżu wybrzeży Niemiec, do 2010 roku pojawi się dalszych 3000 MW. W okresach pracy tych wiatraków z pełną wydajnością wszystkie zdolności przesyłowe istniejących sieci łączących

Poza powyższymi pozostaje jeszcze kwestia krótko- i średnioterminowych rezerw. Co do zasady także sieć energetyczna z dużym udziałem odnawialnych źródeł energii musi być w stanie dopasować się do zapotrzebowania z niezawodnością znaną z sieci konwencjonalnych. W tym celu część elektrowni zasilających sieć pracuje z niepełną mocą, aby móc w bardzo krótkim czasie zwiększyć dostawę, jeśli nagle wzrośnie zapotrzebowanie. Ta niewykorzystana część mocy nazywana jest rezerwą control band. Ponieważ pełna moc elektrowni rzadko kiedy może być osiągnięta, jak również uzyskanie odpowiednio dynamicznej reakcji na polecenie zwiększenia mocy wymaga złożonych układów sterujących, utrzymywanie takich rezerw wiąże się z wysokimi kosztami i najlepiej gdy rezerwy control band będą tak niewielkie, jak to tylko możliwe. Poziom wymaganych rezerw zależy od amplitudy wahań nieprzewidywalnych zmian zapotrzebowania, a także od mocy dostarczonej do sieci przez największy pracujący blok energetyczny na wypadek jego awarii. Instytucje nadzorujące sieci przesyłowe (np. UCTE w Europie) ustalają obowiązujące poziomy rezerw control band i wymagany czas reakcji na polecenie ich uruchomienia, jaki musi zapewnić każda elektrownia zabezpieczająca te rezerwy. Duży udział energii pochodzenia wiatrowego znacznie zwiększa wymagany poziom rezerw. Na przykład w północnych Niemczech udział ten zmienia się od 0 do 35 proc. Stwarza to znacznie większe wyzwania niż w systemach energetycznych zasilanych wyłącznie przez elektrownie ciepłe, w których udział największego pra-

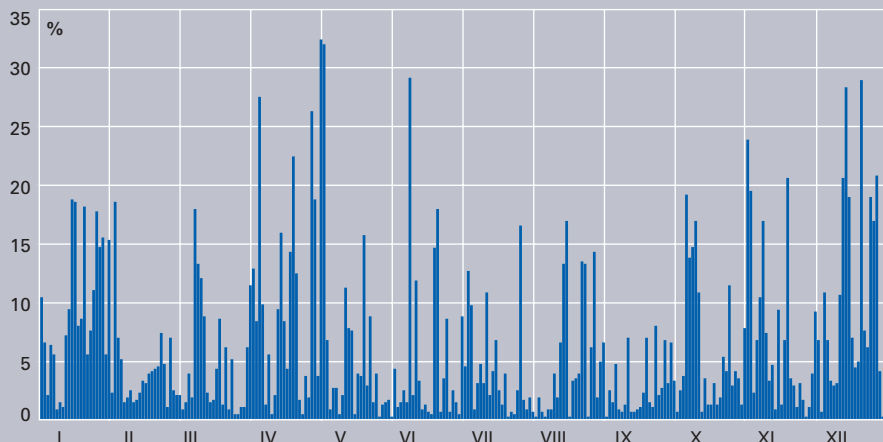
Zmienna dostępność energii ze źródeł odnawialnych stawia przed energetyką nowe wyzwania

Niemcy, Holandię i Danię musiałyby być zajęte przez energię pochodzenia wiatrowego. Taka sytuacja byłaby nie do przyjęcia z punktu widzenia zarówno europejskiego handlu energią, jak i wzajemnego wspierania się operatorów sieci regionalnych. Pierwsze projekty niezbędnych modernizacji sieci przesyłowych wskazują, że w samych północno-zachodnich Niemczech potrzebnych byłoby około tysiąca kilometrów nowych linii 400 kV i 110 kV.

Duży udział energii pochodzenia wiatrowego stawia nowe wyzwania nie tylko przed operatorami sieci przesyłowych, lecz także przed menedżerami elektrowni. W przypadku wiatraków zlokalizowanych na lądzie jedynie 10-15 proc. zainstalowanej mocy osiąga poziom niezawodności porównywalny z elektrowniami ciepłymi. Reszta musi mieć pokrycie w źródłach nie obciążonych niebezpieczeństwem przerw, tzw. shadow power plants. Normalnie nie stanowi to problemu w przypadku stopniowego integrowania generatorów wiatrowych z istniejącymi sieciami.

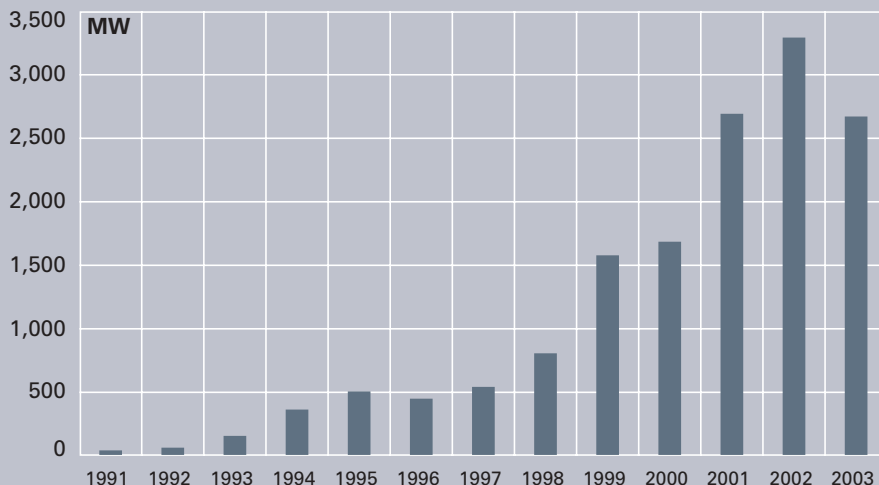
cy wymaga złożonych układów sterujących, utrzymywanie takich rezerw wiąże się z wysokimi kosztami i najlepiej gdy rezerwy control band będą tak niewielkie, jak to tylko możliwe. Poziom wymaganych rezerw zależy od amplitudy wahań nieprzewidywalnych zmian zapotrzebowania, a także od mocy dostarczonej do sieci przez największy pracujący blok energetyczny na wypadek jego awarii. Instytucje nadzorujące sieci przesyłowe (np. UCTE w Europie) ustalają obowiązujące poziomy rezerw control band i wymagany czas reakcji na polecenie ich uruchomienia, jaki musi zapewnić każda elektrownia zabezpieczająca te rezerwy. Duży udział energii pochodzenia wiatrowego znacznie zwiększa wymagany poziom rezerw. Na przykład w północnych Niemczech udział ten zmienia się od 0 do 35 proc. Stwarza to znacznie większe wyzwania niż w systemach energetycznych zasilanych wyłącznie przez elektrownie ciepłe, w których udział największego pra-

Udział energii wytworzonej w elektrowniach wiatrowych w niemieckiej sieci E.ON w 2003 roku (w proc.)



**W 2003 roku
na świecie
pracowały
generatory
wiatrowe o mocy
39 000 MW,
z czego
14 000 MW
w Niemczech**

Przyrost mocy pochodzącej z elektrowni wiatrowych w Niemczech (MW)



Głównymi odnawialnymi źródłami energii są: słońce, wiatr, woda, biomasa i energia geotermiczna

»»» cującego bloku nie przekracza kilku procent obciążenia. Pierwsze doświadczenia zebrane w Niemczech wykazały, że poziom rezerw minutowych musi wynosić średnio 25 proc. mocy zainstalowanej w wiatrakach. W oparciu o te doświadczenia UCTE wyznaczy nowy poziom rezerw minimalnych.

Wysoki udział odnawialnych źródeł energii zmienia zadania stawiane przed sieciami przesyłowymi w porównaniu do systemów energetycznych, w których wytwarzanie i konsumpcja energii są równoważone lokalnie. Takie źródła mogą być wykorzystane tylko w wybranych lokalizacjach, a to oznacza, że rośnie zapotrzebowanie na przesył energii na dalekie odległości. W związku z tym zagadnienie mocy biernej w liniach trójfazowych nabiera większego znaczenia niż w systemach konwencjonalnych.

Sieci przesyłowe można przystosowywać do nowych potrzeb na wiele sposobów. Jedną z opcji jest budowa nowych linii przesyłowych. Jednak to podejście wymaga czasu, a niezbędne zezwolenia często trudno uzyskać. Interesującym rozwiązaniem jest zwiększenie przepustowości linii istniejących. Można to osiągnąć podnosząc napięcie prądu, stosując przewody o większym przekroju lub dopuszczając wyższą temperaturę pracy linii. Takie operacje na ogół nie wymagają specjalnej zgody. Podniesienie dopuszczalnej temperatury pracy może wiązać

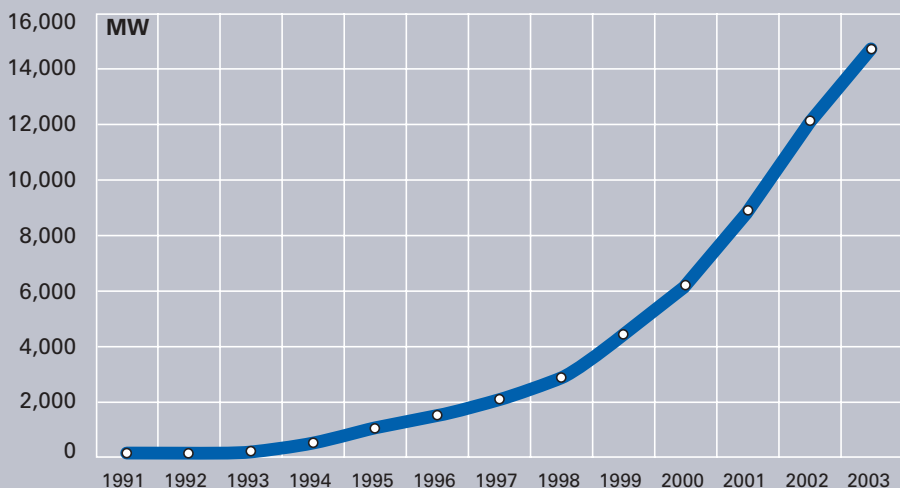
się z koniecznością podwyższenia słupów wysokiego napięcia, lecz można to zrobić nie przerywając pracy linii.

Jeśli potrzeby przesyłowe są jeszcze większe, interesującą opcją staje się użycie linii wysokiego napięcia prądu stałego (HVDC). Takie rozwiązanie pociąga za sobą konieczność zajęcia mniejszego pasa terenu na przesłanie danej mocy oraz eliminuje problemy z mocą bierną. W przeszłości koszt aparatury przełączającej wymaganej w przypadku linii HVDC był zniechęcająco wysoki, lecz w ostatnich latach to się zmieniło – zwłaszcza po opracowaniu nowej generacji przełączników IGBT. W miarę jak przez systemy energetyczne przepływa coraz więcej energii ze źródeł odnawialnych, trzeba nie tylko adaptować ich struktury przesyłowe, lecz także stawiać czoło większym zmianom w rozkładzie obciążeń, które zachodzą ze względu na nieregularności w dostawach ze źródeł odnawialnych. Do skutecznego zarządzania tak dynamicznie zmienną siecią niezbędna jest obszerniejsza i szybciej zbierana informacja o stanie jej poszczególnych składników. Można ją uzyskać wykorzystując szerokoobszarowe systemy monitorujące nowej generacji, w których wyniki pomiarów wartości prądów i napięć w różnych punktach sieci są zbierane przez system fazorów i przesyłane do centrali. Synchronizacja czasowa pomiarów jest wykonywana w oparciu o globalny system GPS. Operator zarządzający siecią może w czasie rzeczywistym śledzić jej stan korygowany na bieżąco na podstawie nadsyłanych wyników pomiarów.



foto: S. Dolecki

Łączna moc pochodząca z elektrowni wiatrowych w Niemczech (MW)



Źródło: Federacja Stowarzyszenie Energii Wiatrowej

Zagwarantowanie stałych dostaw w systemie, w którym dostępność energii pierwotnej może być zmienna, wymaga bardziej zaawansowanych systemów sterowania.

Dotyczy to zarówno rezerw podstawowych, wtórnych, jak i minutowych, szczególnie w sytuacji gdy rezerwowo są elektrownie węglowe. Duże, łatwe do osiągnięcia usprawnienia można osiągnąć instalując nowoczesne systemy sterowania w istniejących elektrowniach. Oparte na modelach systemy MODAN i MODAKOND firmy ABB wszechstronnie optymalizują charakterystyki eksploatacyjne turbin i kotłów elektrowni węglowych, zapewniając im lepsze warunki pracy. Tym samym wydłuża się czas ekonomicznej przydatności turbin i kotłów do eksploatacji. W eksploatacji turbiny z niepełną mocą (throttled) – bardzo ważne do zapewnienia rezerw gorących (spinning reserves) – użycie tych systemów poprawia sprawność o 0,48 proc. Udało się także zapewnić osiągnięcie wymaganego tempa narastania mocy przy minimalnym dławieniu turbiny. Tego typu usprawnienia pozwalające z zapasem przekraczać poziomy obecnie wymagane przez UCTE nabierają jeszcze większego znaczenia w systemach z dużym udziałem odnawialnych źródeł energii.

Ze względu na brak stałej dostępności energii wytwarzanej z wiatru waga rezerw minutowych wzrasta. Wzmocnienie istniejących elektrowni może okazać się niezbędne zarówno ze względów technicznych dla zagwarantowania dostaw, jak i ekonomicznych – na uwolnionym rynku energii dysponowanie rezerwami minutowymi może być dla operatora elektrowni cennym towarem na sprzedaż. Systematyczna modernizacja systemów sterowania często uwalnia znaczne, ukryte dotychczas możliwości. Na przykład, skoor-

dynowana modernizacja turbiny, kotła i generatora w elektrowni Blénod zwiększyła maksymalne tempo narastania mocy z 2 MW/minutę do 50 MW/minutę, a dokładność sterowania z +/-5 proc. do +/-0,5 proc. W wyniku tego po modernizacji elektrownia może pełnić rolę rezerwy podstawowej i wtórnej.

Czynniki geograficzne i niestała dostępność energii ze źródeł odnawialnych stawiają przed operatorami nowe wyzwania.

Kluczowe problemy można rozwiązywać na wiele istniejących sposobów. W niniejszym artykule przedstawiono przykładowo rosnące zapotrzebowanie na zaawansowane systemy sterowania oraz konieczność zwiększenia przepustowości linii przesyłowych. Optymalne rozwiązanie trzeba wybrać po wszechstronnej analizie danego systemu energetycznego i w dogodny sposób integrować je z tym systemem.

Pod wieloma względami zastosowanie na dużą skalę odnawialnych źródeł energii jest niczym eksploracja nieznanych terytoriów. Następnym dużym krokiem w rozwoju elektrowni wiatrowych w Europie musi być sprawdzenie ich działania na morzu w zupełnie nowych, trudnych warunkach. Innym jeszcze nierozstrzygniętym zagadnieniem – które jednak prędzej czy później musi zostać rozwiązane – jest użycie energii wiatrowej do kontroli systemu. Pozostaje też wiele problemów technicznych. Oczywiście, w energetyce to nic nowego – w swojej historii nie raz już wkraczała na nowe obszary i z sukcesem je opanowywała.

Więcej informacji:

Andrzej Ławnicki, ABB Sp. z o.o., oddział w Łodzi
e-mail: andrzej.lawnicki@pl.abb.com

Polska teoria ekologiczna

Polityka ekologiczna państwa na lata 2003-2006, opracowana przez Radę Ministrów w grudniu 2002 roku:

- opracowanie kilkuletniego programu wykonawczego do „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej”: uwzględniającego optymalizację energetycznego wykorzystania biomasy, rozwoju energetyki wodnej, energetyki wiatrowej, energetyki słonecznej oraz rozwoju wykorzystania energii geotermalnej;
- wdrażanie programu wykonawczego rozwoju energetyki odnawialnej w latach 2004-2006;
- opracowanie i uchwalenie ustawy o rozwoju wykorzystania zasobów energii odnawialnej;
- opracowanie planu implementacyjnego dyrektywy 77/2001/EC (2003);
- przeprowadzenie kompleksowej inwentaryzacji, wraz z oceną funkcjonowania, instalacji wytwarzających energię ze źródeł odnawialnych oraz coroczna aktualizacja danych;
- wykonanie oceny wdrażania polityki państwa w zakresie energii odnawialnej, przygotowanie raportu z wdrażania „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej”, opracowanie korekt we wdrażaniu „Strategii...”;
- wykonanie oceny zasobów energii odnawialnej i niezbędnej infrastruktury w ujęciu regionalnym (wyznaczenie regionów preferowanych) oraz włączenie problematyki energetyki odnawialnej do planów zagospodarowania przestrzennego i rozwoju regionalnego. Identyfikacja projektów pilotażowych pod inwestycje finansowane ze środków UE;
- opracowanie i wdrażanie nowych i optymalnych kosztowo mechanizmów wsparcia rozwoju energetyki odnawialnej, w tym mechanizmu zielonych certyfikatów i mechanizmów podatkowych; nowelizacja ustawy – Prawo energetyczne;
- utworzenie funduszu w NFOŚiGW, wspierającego programy pilotażowe, rozwój i komercjalizację technologii energetyki odnawialnej i ich promocję oraz zapewniającego dofinansowanie do środków Unii Europejskiej na rozwój energetyki odnawialnej w Polsce;
- budowa instalacji wykorzystujących energię ze źródeł odnawialnych zgodnie z programami wykonawczymi do „Strategii rozwoju energetyki odnawialnej” (inwestorzy prywatni i publiczni).