



Magazynowanie energii sprężonego powietrza

Zapewnienie niezawodnego zaopatrzenia całego kraju w energię elektryczną w sytuacji, kiedy całość prądu wytwarzana jest ze źródeł odnawialnych, wymagać będzie w wielu przypadkach zasobników energii o łącznej pojemności liczonej w terawatogodzinach. Jedyna stosowana obecnie na szeroką skalę technologia magazynowania dużych ilości energii, czyli elektrownie szczytowo-pompowe, nie są w stanie (z wyjątkiem nielicznych krajów) takiego zapotrzebowania zaspokoić. Szansą wydaje się magazynowanie energii w postaci sprężonego powietrza.





Magazynowanie energii sprężonego powietrza: stosowane od kilkudziesięciu lat

Magazynowanie energii sprężonego powietrza (CAES: compressed air energy storage) jest rozwiązaniem stosowanym od lat 70. ubiegłego wieku. Jego zasada działania jest prosta: kompresor zasilany tanim prądem, kiedy w sieci występuje jego nadpodaż, spręża powietrze, które gromadzone jest w podziemnych lub naziemnych zbiornikach. Podczas zwiększonego zapotrzebowania na energię elektryczną powietrze jest uwalniane i rozprężając się, napędza turbiny wytwarzające prąd. Ta zasada działania przypomina mechanizm wykorzystywany w elektrowniach szczytowo-pompowych. Woda przepompowywana jest w nich ze zbiornika położonego niżej do znajdującego się wyżej, w wyniku czego energia elektryczna napędzająca pompę zamieniana jest na energię potencjalną wody. W przypadku technologii CAES energia magazynowana jest pod postacią energii potencjalnej skompresowanego powietrza.

Pierwszy zasobnik wykorzystujący sprężone powietrze został oddany do użytku w 1978 roku w Huntorf (Niemcy) w pobliżu elektrowni atomowej, obecnie już niedziałającej. Drugi powstał w 1991 roku w McIntosh (USA). W obydwu sprężone powietrze przechowywane jest w kawernach solnych. Niemiecki magazyn w dwóch jaskiniach jest w stanie pomieścić 310 000 m³ sprężonego powietrza. Jaskinie mają kształt cylindrów i znajdują się 650 do 800 metrów pod ziemią. Ich całkowite napełnienie zajmuje około 8 godzin. Moc nominalna tego magazynu wynosiła pierwotnie 290 MW, przed kilkoma laty została zwiększona do 321 MW. Moc ta może być dostarczana do sieci przez niemal 3 godziny. Zasobnik amerykański wykorzystuje jedną jaskinię, jednak o znacznie większej kubaturze wynoszącej 538 000 m³. Pojemność tego magazynu to 2 860 MWh. Jego moc nominalna to 110 MW, które mogą być oddawane do sieci w czasie do 26 godzin.

CAES: zalety technologii

Zalety magazynów CAES są oczywiste. W czasie, kiedy powstawały instalacje w Huntorf i w McIntosh, miały one za zadanie zamieniać taną energię elektryczną, z reguły produkowaną nocą lub w weekendy przez elektrownię atomową lub konwencjonalną, na energię drogą sprzedawaną w czasie największego popytu i, co za tym idzie, najwyższych cen. W obecnych czasach rola magazynów CAES postrzegana jest jako możliwość wykorzystania energii ze źródeł odnawialnych, najczęściej wiatrowej, w sytuacji jej nadpodaży, przyczyniając się tym samym do wygładzenia pików podażowych i zwiększenia przewidywalności dostaw do systemu. Zasobniki CAES są w stanie magazynować ogromne ilości energii, co ma niebagatelne znaczenie dla systemów o dużym udziale produkcji energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych. Istotny jest przy tym fakt, że znalezienie lokalizacji spełniających warunki do przechowywania sprężonego powietrza jest bez porównania łatwiejsze niż w przypadku lokalizacji elektrowni szczytowo-pompowych. Oprócz kawern solnych magazynami sprężonego powietrza mogą być twory geologiczne w wapieniu, piaskowcu i innych skałach. Nie muszą być to zresztą jaskinie naturalne. Jako zbiorniki mogą być wykorzystane wyeksploatowane kopalnie. Możliwe jest również zastosowanie zbiorników naziemnych, np. wysokociśnieniowych stalowych, aczkolwiek wtedy odbyłoby się to kosztem pojemności magazynu. Zwiększeniu ulega jednak spektrum możliwości zasto-

sowania takich zasobników w generacji rozproszonych.

Magazyny sprężonego powietrza są w stanie reagować na wahnięcia mocy w systemie. Uruchomienie jednostki i osiągnięcie pełnej mocy, w przypadku obu działających magazynów trwa 12–14 minut. Ilość cykli rozładowywania/naładowywania magazynu sprężonego powietrza jest przy tym nieograniczona. Kolejne cykle nie zmieniają pojemności zasobnika.

Zaletą magazynowania sprężonego powietrza w podziemnych jaskiniach jest możliwość korzystania z bogatego doświadczenia w tym zakresie, wynikającego z powszechności przechowywania w podziemnych jaskiniach gazu ziemnego. Notabene, wycofane z eksploatacji podziemne zbiorniki gazu ziemnego lub ropy naftowej mogą zostać przystosowane do przechowywania sprężonego powietrza.

Czemu jedynie dwa działające magazyny sprężonego powietrza na całym świecie?

Lista zalet technologii magazynowania sprężonego powietrza jest długa. Jednak to nie przypadek, że na świecie działają jedynie dwa takie magazyny. Słabości tej technologii są również nie do pominięcia. Największa to jej relatywnie niska sprawność. Wynika ona z faktu, że poddane kompresji powietrze musi zostać schłodzone, zanim zostanie umieszczone w magazynie, a później ponownie ogrzane podczas rozprężania. Chłodzenie konieczne jest, ponieważ podczas sprężania powietrza do ciśnienia wynoszącego około 70 barów jego temperatura wzrasta nawet do 700°C, co grozi uszkodzeniem zbiorników. Z kolei podczas rozprężania powietrze musi być podgrzewane. W przeciwnym razie doszłoby do oblodzenia i uszkodzenia turbin. Powoduje to, że sprawność działających magazynów wynosi zaledwie 42% dla jednostki w Huntorf i 54% dla instalacji w McIntosh. Ta różnica w sprawności wynika z faktu, że w tym drugim przypadku zastosowano rekuperator, dzięki czemu do ogrzania powietrza w procesie dekompresji wykorzystywane jest ciepło odpadowe spalin turbiny gazowej.

W tym miejscu należy wspomnieć, że obie działające jednostki CAES nie są klasycznymi systemami magazynowania energii, ponieważ pobierają dwa rodzaje energii: energię elektryczną w czasie sprężania powietrza oraz paliwo do turbiny gazowej w fazie generacji prądu. Są to w pewnym sensie układy hybrydowe. Powoduje to pewną trudność w zestawieniu ich efektywności z czystymi systemami magazynowania energii, w których jasno widać, ile energii elektrycznej

zostało do zasobnika wprowadzone i ile uzyskano po jego całkowitym rozładowaniu. Konieczność dostarczania dodatkowego paliwa to bez wątpienia słabość technologii CAES.

Dalsze prace nad technologią magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza

Obecnie badania nad systemami magazynowania energii elektrycznej w postaci sprężonego powietrza zmiernają w kierunku wyeliminowania konieczności dostarczania dodatkowego paliwa do jednostek magazynujących oraz zwiększenia ich sprawności do 62–70%. Jest to możliwe, jeżeli ciepło wytwarzane podczas kompresji powietrza będzie następnie wykorzystywane do jego ogrzewania w procesie rozprężania. Technologia ta nazywana jest AA-CAES, czyli zaawansowane adiabatyczne magazynowanie energii sprężonego powietrza (ang. advanced-adiabatic compressed air energy storage). Pod względem sprawności systemy AA-CAES mają szansę zbliżyć się do elektrowni szczytowo-pompowych. Prace nad tą technologią mocno zaawansowane są w Niemczech. W 2010 roku wystartował tam program ADELE, mający na celu rozwinięcie technologii AA-CAES i umożliwiający zbudowanie instalacji pilotażowej. Uczestnikami tego programu są RWE Power, General Electric, niemiecki koncern budowlany Züblin oraz Niemieckie Narodowe Centrum Badań Aeronautyki i Przestrzeni Kosmicznej (DLR), a współfinansowany jest on ze środków Federalnego Ministerstwa Gospodarki i Technologii (BMWi). W styczniu 2013 roku rozpoczęto projekt ADELE-ING stanowiący kontynuację ADELE. Ma on na celu, przy udziale dodatkowych podmiotów, dopracowanie technologii AA-CAES oraz ocenę możliwości jej komercyjnego wykorzystania. Magazyn pilotażowy ma powstać w Staßfurt (Saksonia-Anhalt), regionie o dużej ilości farm wiatrowych. Jego pojemność ma wynosić 360 MWh, a maksymalna moc 90 MW. Przy tych parametrach magazyn ten byłby w stanie zrównoważyć w czasie do czterech godzin produkcję energii elektrycznej przez 50 wiatraków o mocy najbardziej typowej dla tej okolicy.

Dalszym rozwinięciem technologii CAES jest również metoda ICAES (ang. isothermal compressed air energy storage), czyli magazynowanie energii w postaci izotermicznie sprężonego powietrza. W przypadku tej technologii do zbiorników ze sprężonym powietrzem wtryskiwana jest woda magazynująca ciepło powstające podczas kompresji powietrza. Dzięki temu proces przebiega izotermicznie, czyli w stałej temperaturze. Pierwszą

na świecie jednostkę tego typu uruchomiła we wrześniu ubiegłego roku amerykańska firma SustainX w swojej siedzibie w Seabrook. Ma ona moc 1,5 MW.

Przyszłość magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza

Technologia magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza ma szansę odegrać kluczową rolę w systemach elektroenergetycznych o zwiększającym się udziale generacji ze źródeł odnawialnych. W fazie planowania lub budowy znajduje się szereg jednostek, największa z nich w Ohio (USA) firmy Norton Energy Storage. Równolegle do jednostek o pojemności bardzo dużej skali prowadzone są prace i poszukiwane rozwiązania wykorzystujące tę metodę w jednostkach naziemnych, często do zastosowań w instalacjach domowych. Dalsze prace nad tą technologią dają możliwość zwiększenia jej sprawności, wyeliminowania konieczności dodatku paliw i obniżenia kosztów jednostkowych. Jednak podobnie jak inne metody magazynowania energii, napotyka ona na barierę opłacalności rynkowej. Niezależnie od tego panuje przekonanie, że magazynowanie energii elektrycznej w postaci sprężonego powietrza odegra kluczową rolę przy przechodzeniu gospodarek na energię ze źródeł odnawialnych.

Źródła:

- Agencja ds. Energii Odnawialnych (Niemcy), *Magazynować energię elektryczną*, *Renews Spezial*, wydanie 57/2012
- Niemiecka Agencja Energii (dena), *Analiza konieczności budowy elektrowni szczytowo-pompowych i innych magazynów energii w celu integracji energii ze źródeł odnawialnych*, Berlin, luty 2010
- Norton Energy Storage, www.hydrodynamics-group.com
- RWE, www.rwe.com
- SustainX, www.sustainx.com

Barbara Adamska ADM Poland



Barbara Adamska, ekspert w dziedzinie polityki i gospodarki niemieckiej. Specjalista w zakresie energetyki odnawialnej. Założycielka ADM Poland, firmy oferującej wsparcie sprzedażowe i marketingowe dla firm z obszaru niemieckojęzycznego wchodzących na rynek polski. Przez 10 lat odpowiedzialna za sprzedaż i marketing w Polsce koncernu Mitsubishi Electric Europe B.V. (dywizja Visual Information Systems). Wcześniej jako rzecznik Carcade S.A. jeden z najlepszych rzeczników prasowych instytucji finansowych w Polsce (wg Gazety Prawnej oraz Home&Market).