

Elektrownie szczytowo-pompowe

ponad 100-letnia technologia szansą na przyszłość



Obecnie jedyną stosowaną na szeroką skalę metodą magazynowania ogromnych ilości energii są elektrownie szczytowo-pompowe. Pierwsze elektrownie tego typu powstały już pod koniec XIX w. Technologia przez lata była dopracowywana. Dzięki temu w rozwiązaniach o systemach magazynowania energii, niezbędnych do rozwoju energetyki w znacznym stopniu opartej na odnawialnych źródłach energii, elektrownie szczytowo-pompowe zwykle wymieniane są na pierwszym miejscu.

Zasada działania

Nazwa „elektrownia” może niektórym wydać się nadużyciem – elektrownie szczytowo-pompowe więcej energii bowiem pobierają z sieci niż do niej wprowadzają. Jednak nie chodzi tu o spieranie się o terminologię. Fakt, że energia potencjalna wody zmieniana jest w tych zakładach przemysłowych w energię elektryczną nie ulega wątpliwości. Pozostałe składowe nazwy precyzyjnie opisują funkcje elektrowni szczytowo-pompowej. „Pompowa”, ponieważ w czasie, kiedy dostępna jest tania energia elektryczna, za pomocą pomp woda ze zbiornika położonego niżej przepompowywana jest do zbiornika górnego. „Szczytowo” – odnosi się do czasu, kiedy woda ze zbiornika górnego spuszczana jest do dolnego. Dzieje się to w czasach szczytowego zapotrzebowania na energię. Wtedy turbozespoły z trybu pracy silnik-pompa przechodzą w tryb turbina-generator. Moc elektrowni szczytowo-pompowej zależy od wielkości zbiorników wodnych oraz różnicy poziomów między nimi. Zbiorniki mogą być naturalne lub sztuczne. Sprawność elektrowni szczytowo-pompowych waha się w granicach od 65 do 85%. Oznacza to, że z każdych 10 kWh pobranych z systemu na pompowanie wody do góry odzyskuje się od 6,5 do 8,5 kWh w czasie, kiedy ta energia w systemie jest potrzebna. Nie jest to zły wynik, jeżeli weźmie się pod uwagę, że bez możliwości jej zmagazynowania mogłaby po prostu przepaść w wyniku konieczności odłączenia od sieci elektrowni OZE w czasie nadpodaży energii mogącej zdestabilizować system. Dla elektrowni ciepłych i atomowych to z kolei szansa na pracę ze stałym, najbardziej ekonomicznym obciążeniem.

Elektrownie szczytowo-pompowe w Polsce i na świecie

Największa elektrownia szczytowo-pompowa w Polsce to elektrownia w Żarnowcu o mocy generacyjnej 716 MW. Jej górny zbiornik ma powierzchnię 122 ha, mieszcząc 13,6 mln m³ wody. Woda ta magazynuje 3,6 GWh. Elektrowni szczytowo-pompowych mamy w naszym kraju sześć. Sumarycznie mogą zmagazynować poniżej 10 GWh, a ich moc zainstalowana to ok. 1,7 GW. Nasi zachodni sąsiedzi mają 31 elektrowni tego rodzaju. Największa z nich w Goldisthal ma moc 1060 MW, czyli porównywalną z mocą elektrowni atomowej. Taką moc może dostarczać do sieci nieprzerwanie przez około osiem godzin – zbiornik górny stanowi magazyn dla 8,48 GWh. U naszych wschodnich sąsiadów, na Ukrainie, trwają prace nad elektrownią szczytowo-pompową o mocy 2268 MW na brzegu Dniestru. Inwestycja ta, rozpoczęta jeszcze w czasach ZSRR, napotykała w międzyczasie na szereg trudności. Pod koniec 2009 roku udało się uruchomić pierwszy hydroagregat. Jako termin zakończenia całej inwestycji obecnie podaje się rok 2017. Dla porównania – moc największej elektrowni szczytowo-pompowej w USA do czasu modernizacji w roku 2004 wynosiła 2772 MW, po



modernizacji wzrosła do 3003 MW. Jej górny zbiornik ma powierzchnię 107 ha, dolny – 225 ha. Różnica poziomów pomiędzy nimi wynosi 384 m. Elektrownia ta znajduje się na północy stanu Virginia w Bath County.

Zalety elektrowni szczytowo-pompowych jako zasobników energii

Elektrownie szczytowo-pompowe idealnie nadają się do roli magazynów ogromnych ilości energii i to w długim czasie. Są w stanie wygładzać krzywą dobowego obciążenia systemu elektroenergetycznego, odbierając moc z systemu w czasie jej nadpodaży i dostarczając w czasie zwiększonego zapotrzebowania. Dzięki niemal płynnemu przejściu z trybu magazynowania na tryb oddawania, elektrownie szczytowo-pompowe mogą szybko reagować na wahnięcia mocy w systemie – zarówno w postaci nagłych przyrostów, jak też i ubytków. Pełną moc osiągają w zaledwie kilka minut. Kolejne cykle rozładowywania/naładowywania nie zmieniają ich pojemności. Samoistny ubytek pojemności, wskutek parowania lub przeciekania wody ze zbiornika górnego jest właściwie pomijalny. Wspomniana wcześniej sprawność na poziomie 65–85% stanowi dobry wynik na tle innych technologii magazynowania energii. Koszty inwestycji w elektrownię szczytowo-pompową są wprawdzie ogromne, jednak przy odpowiedniej różnicy cen energii elektrycznej między szczytem a najniższym poziomem zapotrzebowania na nią inwestycja ma szansę być rentowna.

Odpowiednia lokalizacja – warunek niełatwy do spełnienia

Poważnym ograniczeniem dla budowy elektrowni szczytowo-pompowych jest znalezienie lokalizacji. Niezbędne jest odpowiednie ukształtowanie terenu oraz sprzyjające warunki hydrologiczne. Często budowa wiąże się z niepożądaną ingerencją w krajobraz: wycinaniem lasów, tworzeniem sztucznych zbiorników, zalewaniem dużych obszarów, wysiedlaniem ludności. Niekiedy dochodzi do zmian mikroklimatu. Sprzeciw ludności budzi budowa nowych tras przesyłowych. Możliwości budowy nowych elektrowni szczytowo-pompowych różnią się w zależności od kraju – np. w Europie są państwa, gdzie jest potencjał dla nowych inwestycji, jak np. Szwajcaria czy Norwegia, i takie, gdzie ze znalezieniem nowych lokalizacji może być trudno. W takiej sytuacji są np. Niemcy. Nasi zachodni sąsiedzi obecnie planują budowę elektrowni szczytowo-pompowej o mocy 1400 MW w Atdorfie. Koszt tej inwestycji to około 1 mld euro, termin oddania: 2018 rok. Kolejne, o mniejszej mocy, planowane są m.in. w Heimbach oraz w bawarskim Riedlu. Realizowane są projekty mające na celu zidentyfikowanie możliwych lokalizacji. Jednak nie zmienia to faktu, że potencjał budowy nowych elektrowni czy modernizacja

mająca na celu zwiększenie mocy już istniejących są w Niemczech mocno ograniczone.

A może pod ziemię?

Trudność znalezienia odpowiednich lokalizacji na powierzchni ziemi, gdzie jeden zbiornik umieszczony jest na górze, a drugi w dolinie, powoduje szukanie nowych rozwiązań. Od 2007 roku w Centrum Badań nad Energią Dolna Saksonia pracuje interdyscyplinarny zespół mający zbadać możliwości budowy elektrowni szczytowo-pompowych pod ziemią, wykorzystując zamknięte kopalnie. Koncepcja sama w sobie jest prosta: górny zbiornik elektrowni miałby być umieszczony na powierzchni ziemi. Dolny stanowiłoby wyrobisko. Raport opublikowany w 2011 roku podsumowywał techniczne możliwości takiego przedsięwzięcia. Wskazywał on regiony Niemiec i konkretne lokalizacje, gdzie od strony technicznej inwestycja byłaby możliwa do zrealizowania. W tych regionach w niedziałających kopalniach teoretycznie możliwe byłoby zainstalowanie elektrowni szczytowo-pompowych o łącznej mocy do 10 GW, mogących w sumie zmagazynować 40 GWh. Bazując na tym raporcie przeprowadzono ekonomiczną analizę rentowności takiego przedsięwzięcia. Jej wynik wskazuje, że przy istniejących warunkach brzegowych tego typu inwestycja nie ma uzasadnienia ekonomicznego. Szacowany możliwy zwrot z inwestycji to, w zależności od rozważanego wariantu, pomiędzy 9 a 50% kosztów inwestycji. Taki wynik analizy nie oznacza zamknięcia tematu elektrowni szczytowo-pompowych w nieczynnych kopalniach. Wprost przeciwnie – powstanie projekt pilotażowy, mający na celu przyjrzenie się w praktyce funkcjonowaniu takiej inwestycji i dający szansę na optymalizację technologii. Najbardziej prawdopodobna lokalizacja to Bad Grund w górach Harzu. Koszty inwestycji: 150–200 mln euro.

Podobne badania trwają również w innym kraju członkowskim – w Nadrenii Północnej Westfalii. Tamtejszy projekt badawczy „Unterflur-Pumpspeicherwerke” ma wyjaśnić, czy technicznie możliwe jest danie niemieckim kopalniom węgla kamiennego, które w 2018 roku zakończą wydobywanie, drugiego życia: jako elektrowni szczytowo-pompowych. Pierwsza faza projektu zakończy się w kwietniu 2014 roku i to ona ma dostarczyć odpowiedzi co do wykonalności technicznej. Szacuje się, że pojedyncza elektrownia tego typu miałaby moc rzędu 600 MW. Różnica poziomów między zbiornikami: górnym, na powierzchni ziemi, i dolnym, w wyrobisku, wynosiłaby do 1200 m.

Rozważając budowę elektrowni w nieczynnych kopalniach, nie można nie docenić faktu, że inwestycje te mają szansę nie napotkać na dalej idące protesty lokalnych społeczności.

Norwegia zasobnikiem energetycznym Europy?

Kraje europejskie niemające możliwości magazynowania wystarczająco dużych ilości energii, czyli w praktyce budowy elektrowni szczytowo-pompowych, gdyż obecnie jest to jedyna dojrzała rynkowo technologia na to pozwalająca, szukają innych rozwiązań. Jedną z opcji branych pod uwagę jest korzystanie z infrastruktury Norwegii. Ten mały kraj to prawdziwe imperium, jeżeli chodzi o instalacje hydroenergetyczne. Działa w nim około 850 elektrowni wodnych o łącznej mocy przekraczającej 27 GW, produkujących rocznie ok. 120 TWh energii elektrycznej. To niemal 99% ogólnego zużycia energii elektrycznej w Norwegii, przy czym trzeba zauważyć, że Norwegowie nie są przyzwyczajeni do oszczędzania energii – jej zużycie na jednego mieszkańca jest w tym kraju najwyższe na całym świecie. Ukształtowanie terenu Norwegii: góry, płaskowyże, polodowcowe jeziora w połączeniu z wodą z topniejących lodowców, górkami strumieniami oraz wysokimi opadami atmosferycznymi stanowią idealne warunki do rozwoju hydroenergetyki. Tę szansę Norwegia wykorzystwała, opierając na elektrowniach wodnych swoje zaopatrzenie w energię elektryczną. Teraz przed tym krajem otwiera się nowa szansa i nowy lukratywny rynek – stania się magazynem energii elektrycznej dla Europy. Od 2008 roku podmorska linia wysokiego napięcia o długości prawie 580 km łączy Norwegię z Holandią. Jej budowa trwała trzy lata i kosztowała 600 milionów euro. Nadwyżki holenderskiego prądu pompują wodę w norweskich elektrowniach szczytowo-pompowych, a kiedy prądu w systemie elektroenergetycznym Holandii jest zbyt mało, prąd płynie kablem w drugą stronę – z Norwegii, gdzie elektrownie przechodzą w tryb pracy generatorowej, do Holandii. Zainteresowanie podobnym rozwiązaniem zgłosiły również inne kraje europejskie: Anglia oraz Niemcy. W 2014 roku zapadnie decyzja, czy projekt linii podmorskiej łączącej Norwegię i Anglię (projekt NOR-UK) zostanie zrealizowany. Gdyby miało się tak stać, prąd tą trasą miałby szansę popłynąć w 2020 roku. Ostateczna decyzja w sprawie budowy analogicznego połączenia pomiędzy Niemcami a Norwegią (projekt Nord-Link) również zapadnie w 2014 roku. Koszt tej inwestycji to 1,5–2 miliardów euro. Oddana do użytku mogłaby być już w 2018 roku.

To, czy te podwodne budowy dojdą do skutku, nie jest jedynie kwestią wykonalności technicznej. Od strony technicznej jest to możliwe, choć związane z koniecznością kolejnych inwestycji: budowy nowych elektrowni szczytowo-pompowych w Norwegii (możliwe jest to częściowo chociażby w drodze przebudowy istniejących elektrowni wodnych), budowy stacji transformatorowych i sieci przesyłowych w krajach będących partnerami w projekcie. Jak zwykle

przy tego typu projektach, kwestią nie do pominięcia jest zaakceptowanie planów nowej infrastruktury przez społeczność lokalną. Jednak decydujące znaczenie będzie miała zapewne wola polityczna co do koncepcji bezpieczeństwa energetycznego kraju.

Jak zwykle, chodzi o pieniądze i politykę

Elektrownia szczytowo-pompowa to poważna inwestycja. Musi mieć ona sens ekonomiczny i/lub uzasadnienie polityczne w zakresie koncepcji bezpieczeństwa energetycznego kraju. Jeżeli chodzi o kwestię modelu biznesowego, elektrownie tego typu bazują na różnicy cen energii pomiędzy szczytem a doliną zapotrzebowania. Ich kompetencją jest zmienianie taniego prądu w drogi – taniego, gdyż skupowanego w nocy po niskich cenach. W drogi – bo sprzedawany około południa, w czasie piku. Tak było do czasu, do kiedy zauważalnej roli nie zaczęła odgrywać fotowoltaika. Teraz, w słoneczne dni, na europejskim rynku energii model ten przestał funkcjonować – instalacje PV w Włoch i Niemiec dostarczają tak dużo prądu, że ceny w okolicach południa nie tylko nie wzrastają, ale pojawia się nawet nadpodaż energii. „No spread, no bread” – można usłyszeć w branży. Dodatkowo, elektrownie szczytowo-pompowe konkurują na rynku z turbiniowymi elektrowniami gazowymi w zakresie zaspokajania zapotrzebowania szczytowego i do pewnego stopnia z elektrowniami węgla kamiennego w okresie zapotrzebowania podszczytowego. Tak więc, przedsiębiorstwa energetyczne rozważnie podejmują decyzje inwestycyjne, a przesłanki ekonomiczne do inwestowania w elektrownie szczytowo-pompowe obecnie nie wydają się być wystarczająco silne. Oczywiście, w branży jest nadzieja, że wola polityczna rozwijania OZE będzie wymagała wspierania systemów jej magazynowania. Elektrownie szczytowo-pompowe mają szansę stać się jej ważnymi beneficjentami. Jednak karty na rynku systemów magazynowania energii, będących uzupełnieniem zaopatrzenia w energię opartą na OZE, dopiero są rozdawane.

Źródła:

- Norweskie Ministerstwo Ropy Naftowej i Energii, www.regjeringen.no
- Norweski operator sieci energetycznych Statnett, www.statnett.no
- Strona projektu „Unterflur-Pumpspeicherwerke”, www.upsw.de
- „Neue Zürcher Zeitung”, 4.12.2012
- Agencja ds. Energii Odnawialnych (Niemcy), *Renews Spezial*, wydanie 57/2012
- Centrum Badań nad Energią Dolna Saksonia (EFZN), *Magazynowanie energii z wiatru w drodze wykorzystania zamkniętych kopalń*, 2011
- Centrum Badań nad Energią Dolna Saksonia (EFZN), *Ocena rentowności budowy i eksploatacji podziemnej elektrowni szczytowo-pompowej*, 11.2012

Barbara Adamska
ADM Poland

