

Magazynowanie energii ze źródeł odnawialnych

Autor: dr inż. Jerzy Chodura, Sun Engineering, Katowice

(„Czysta Energia” – nr 10/2012)

Z uwagi na częsty brak korelacji pomiędzy podażą energii uzyskiwanej ze źródeł odnawialnych a popytem na energię użyteczną niezbędne jest zastosowanie różnorodnych form magazynowania energii.

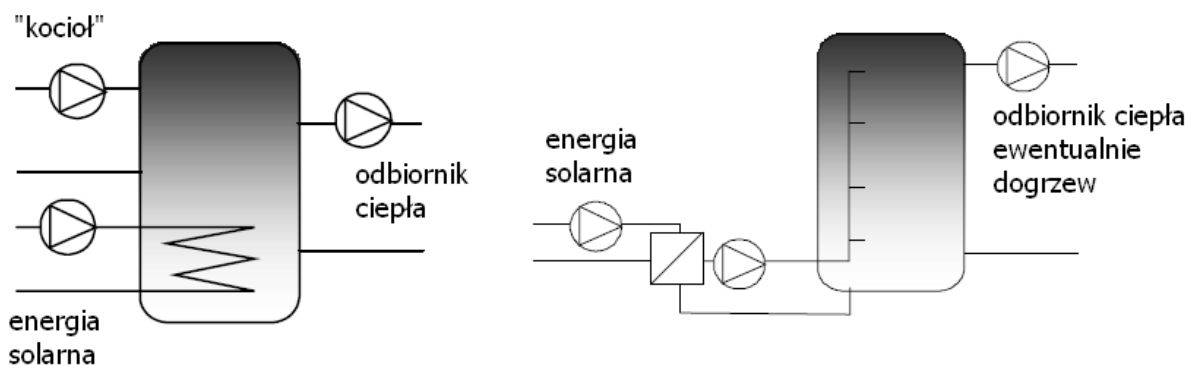
Zagadnienie to dotyczy słonecznych systemów grzewczych, słonecznych układów produkcji energii elektrycznej oraz autonomicznych systemów wiatrowych, gdzie nie ma możliwości bezpośredniego przekazania wytworzonej energii do sieci elektrycznej. Pozyskiwanie energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych charakteryzuje się dużymi skokami energii, nie jest również możliwe skuteczne kontrolowanie tego procesu, a moment pozyskania energii elektrycznej niekoniecznie pokrywa się z potrzebą jej wykorzystania.

Słoneczne systemy grzewcze

W przypadku systemów wykorzystujących promieniowanie słoneczne do produkcji ciepła w postaci wody użytkowej lub grzewczej magazynowanie energii odbywa się poprzez jej gromadzenie w zasobnikach wody użytkowej lub buforach ciepła. Magazynowanie energii jest w tym przypadku niezbędne z uwagi na fakt, że energia słoneczna nie jest dostępna przez cały dzień, wielkość promieniowania słonecznego zmienia się w ciągu roku, występują również skoki natężenia promieniowania w ciągu dnia.

- Tradycyjne systemy solarne¹

Na rysunku 1 pokazano podstawowe rodzaje zasobników ciepłej wody użytkowej, stosowane w tradycyjnych zestawach solarnych do przygotowania ciepłej wody.



Rys. 1

Używanie zasobników z wężownicą prowadzi (z uwagi na różny poziom temperatur cieczy dochodzącej do poszczególnych króćców zasobnika) do zjawiska wymieszania cieczy, a co za tym idzie – do zniszczenia struktury warstwowej temperatur. W zasobniku warstwowym woda podgrzana w zewnętrznym wymienniku ciepła zostaje doprowadzona do zasobnika i skierowana na odpowiedni poziom temperatury (zimna na dół, ciepła do góry). Dzięki temu możliwe jest szybkie uzyskanie wymaganej temperatury roboczej.

W przypadku zestawów solarnych służących również do wspomagania ogrzewania układy są nieco bardziej rozbudowane. Mogą być one wykonane jako dwuzasobnikowe lub z jednym zasobnikiem. W standardowych układach z dwoma zasobnikami kolektory słoneczne zasilają zasobnik ciepłej wody użytkowej oraz bufor ciepła, zaś w przypadku zasobnika kombinowanego ogrzewają wodę kotłową, zgromadzoną w głównej części zasobnika kombinowanego. Innym rozwiązaniem, które wykorzystuje się w większych instalacjach solarnych, jest zastosowanie dużego bufora ciepła, z którego czerpie się energię cieplną do przygotowania ciepłej wody użytkowej oraz do wspomagania ogrzewania.

Wszystkie przedstawione sposoby magazynowania energii posiadają zasadniczą wadę, a mianowicie zastosowane urządzenia mają stosunkowo duże gabaryty, a materiałem gromadzącym ciepło jest woda, która posiada ograniczoną pojemność cieplną. Nie można również do nich doprowadzać energii w sytuacjach ekstremalnych (gdy zasobniki są „pełne”, a energia słoneczna jest dostępna). Ponadto zastosowanie wody jako środka gromadzącego ciepło posiada tą zaletę, że jest ona równocześnie bezpośrednio wykorzystywana, np. pobiera się ją z zasobnika do kabin prysznicowych. Poza tym woda ta zwykle okazuje się tańsza. Należy zwrócić uwagę, że w przypadku wszystkich przedstawionych zasobników nie ma możliwości zapewnienia, by zawsze potrzebom energetycznym związanym z przygotowaniem ciepłej wody użytkowej czy wspomaganie ogrzewania odpowiadała wielkość dostępnego aktualnie promieniowania słonecznego. Zazwyczaj wówczas, kiedy trzeba ogrzewać pomieszczenia (np. w nocy), promieniowania słonecznego nie ma. Również kiedy potrzebna jest duża ilość ciepłej wody użytkowej, a od kilku dni pada deszcz, zabraknie energii słonecznej.

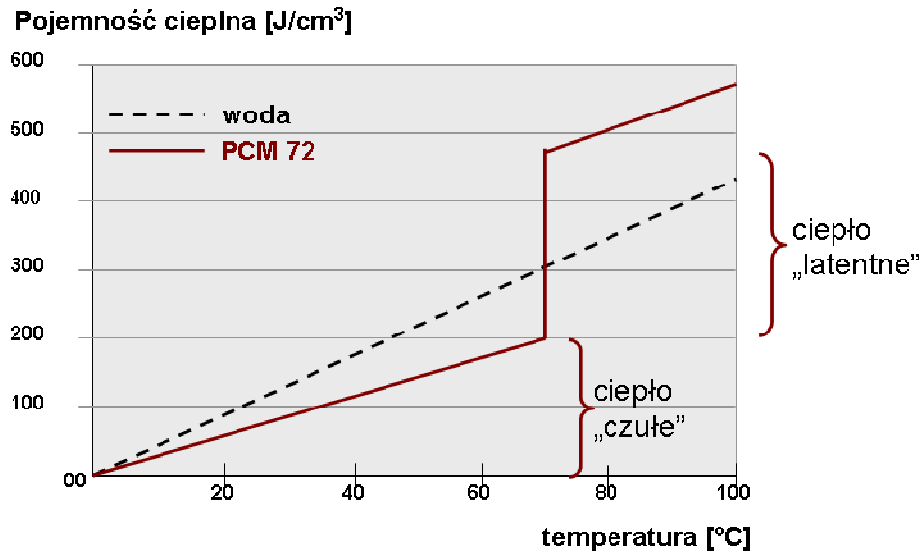
Z uwagi na ograniczone możliwości magazynowania energii w wodzie, wynoszące ok. 60 kWh/m³, podjęto prace nad wykorzystaniem do tego celu materiałów o większym potencjale oraz związane z przygotowaniem nowych metod magazynowania energii.

- Latentne zasobniki ciepła (PCM)

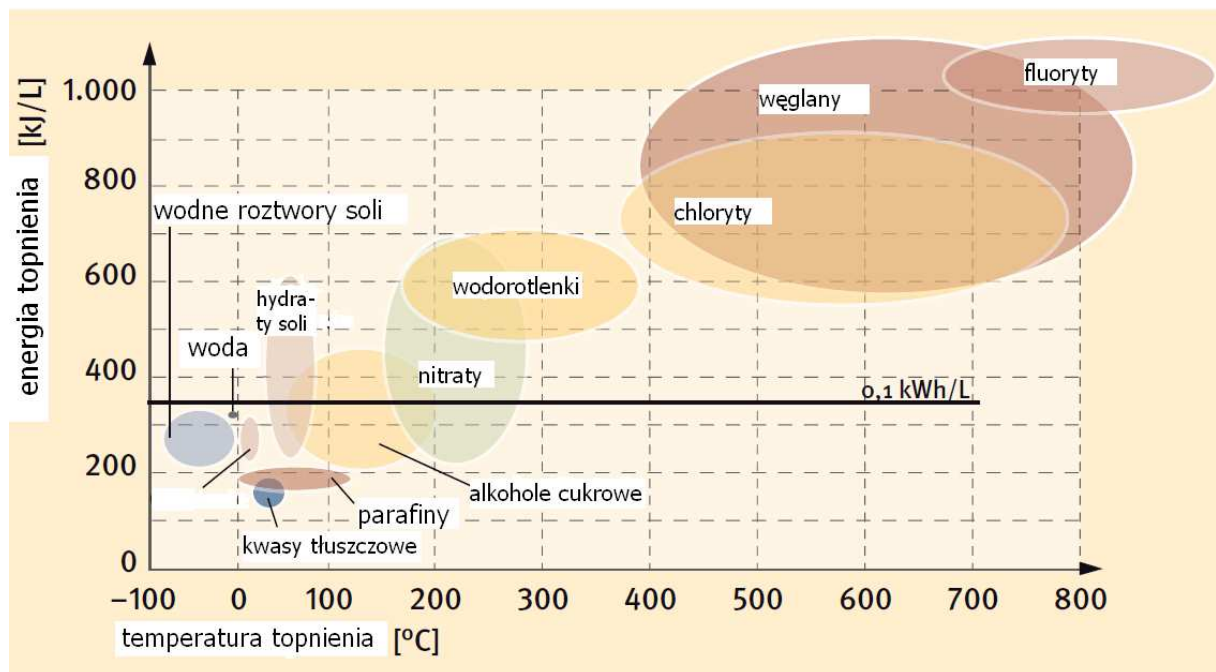
Stosując wodę jako środek gromadzący ciepło, mamy do czynienia z liniową zależnością zgromadzonej energii od temperatury (rys. 2). W standardowym zasobniku ciepłej wody użytkowej w celu uzyskania wymaganej temperatury wody niezbędne jest doprowadzenie energii cieplnej. Ten sposób magazynowania energii nazywany bywa „czułym”, albowiem zmagazynowane ciepło musi dostosowywać się, a więc „wyczuwać” występujące potrzeby energetyczne (stąd określenie ciepło „czułe” – prosta 1 na rys. 2). Oznacza to, że do

zabezpieczenia dużych potrzeb energetycznych niezbędne jest dostarczenie odpowiednich ilości energii w celu uzyskania wysokiej temperatury zgromadzonej wody.

Proces zmiany stanu skupienia materiału PCM



Rys. 2



Rys. 3

W wielu krajach świata prowadzone są prace nad materiałami, które będą w stanie zmagazynować te same duże ilości energii, ale na znacznie niższym poziomie temperatur. Materiały te znane pod nazwą latentne albo PCM (z angielskiego Phase Change Materials).

Dzięki przemianom fazowym mogą one zgromadzić znaczne ilości energii. Zwykle w przypadku takich materiałów następuje przejście ze stanu stałego w ciekły. Zauważmy, że energia topnienia 1 kg lodu (woda w stałym stanie skupienia) jest równoważna energii jej podgrzania do temperatury 80°C. W przypadku materiałów latentnych (krzywa 2) w momencie osiągnięcia temperatury przemiany fazowej następuje zjawisko utrzymywania się stałej temperatury w całym okresie zmiany stanu skupienia, a po stopnieniu temperatura zaczyna ponownie wzrastać.

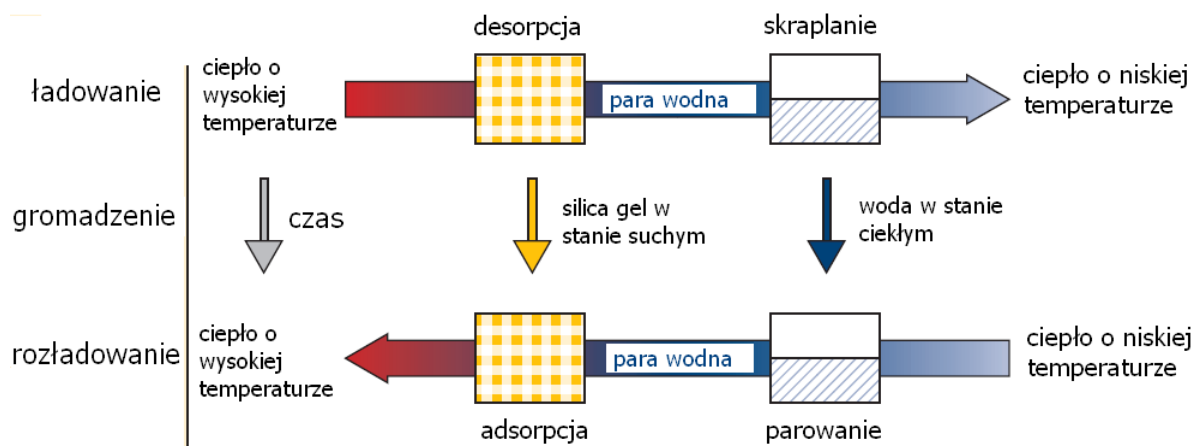
Zaletą materiałów latentnych jest możliwość magazynowanie ciepła w bardzo szerokim zakresie temperatur, wynika to z faktu zachodzenia zmiany ich stanu skupienia od temperatur poniżej 0°C do temperatur przekraczających 800°C (rys. 3).

Daje to możliwość magazynowania zarówno ciepła, jak i „zimna”, a więc wykorzystania tych materiałów w procesach grzewczych, a także do klimatyzowania pomieszczeń.

- Termochemiczne zasobniki ciepła

Ograniczone pojemności cieplne zasobników PCM doprowadziły do rozpoczęcia prac nad termochemicznymi zasobnikami, w których zgromadzone mogą być nieporównywalnie większe ilości energii. O ile zasobniki PCM zapewniają podwojenie pojemności cieplnej w stosunku do wody, to termochemiczne zasobniki wykorzystujące procesy sorpcji wartość tę znacznie przekraczają.

W przypadku zasobników termochemicznych wykorzystuje się reakcje odwracalne, zachodzące w zakresie stosunkowo niskich temperatur, np. procesy sorpcji. Proces taki obrazuje rysunek 4.



Rys. 4

Zasobnik jest ładowany poprzez doprowadzenie ciepła, co powoduje odprowadzenie wilgoci (na przykład wody) z materiału sorpcyjnego. Podczas procesu odwrotnego, a mianowicie nawilżania materiału sorpcyjnego, dochodzi do uwolnienia się ciepła. Dlatego proces ten często nazywa się „chemiczną pompą ciepła”.

Na fotografii 1 przedstawiono instalację z wykorzystaniem zasobników sorpcyjnych. Budynek jednorodzinny w Austrii wykonany w technologii niskoenergetycznej jest całkowicie energetycznie zabezpieczony. Przygotowanie ciepłej wody użytkowej, ogrzewanie budynku oraz wewnętrzna wentylacja i klimatyzacja są wspomagane zestawem płaskich kolektorów słonecznych i zasobnikami sorpcyjnymi.



- budynek jednorodzinny
- górna Austria
- 32m² kolektorów słonecznych

- bufor ciepła o pojemności 900 l
- dwa zasobniki wypełnione silica gelem w ilości łącznie 1000kg
- ogrzewanie podłogowe



Fot. 1

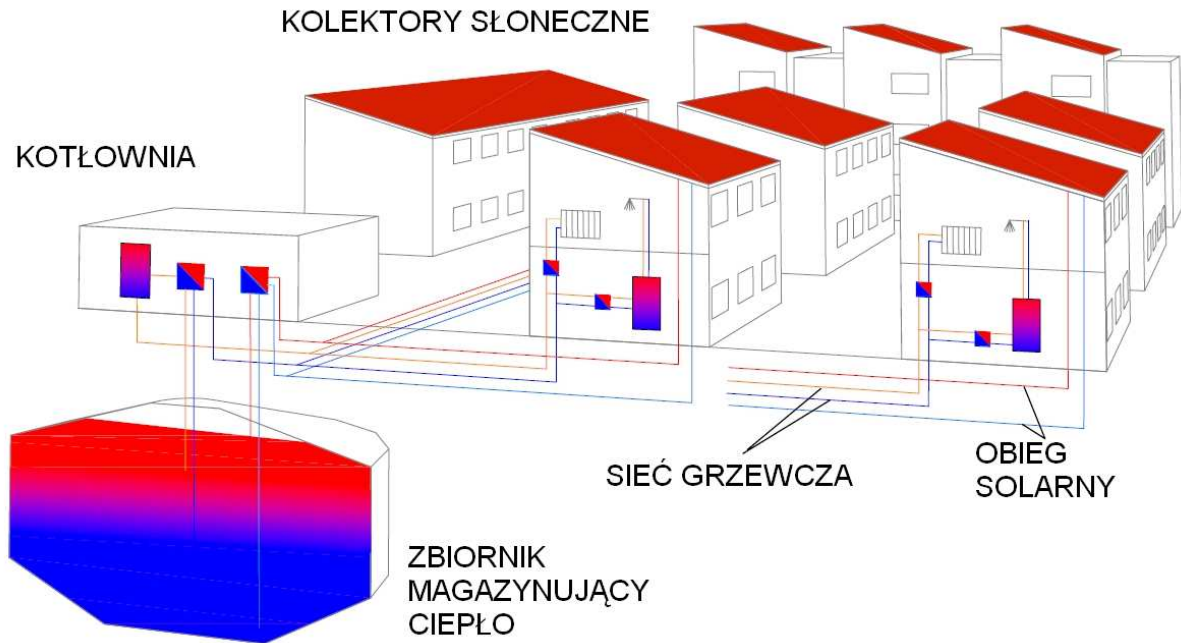
- Całoroczne systemy solarne²

Aby wykorzystać powstały w okresie ciepłym (od kwietnia do września) nadmiar energii cieplnej do wspomagania ogrzewania w pozostałej części roku, niezbędne jest zmagazynowanie wyprodukowanej przez kolektory słoneczne energii. Przykład takiej instalacji przedstawiono na rysunku 5.

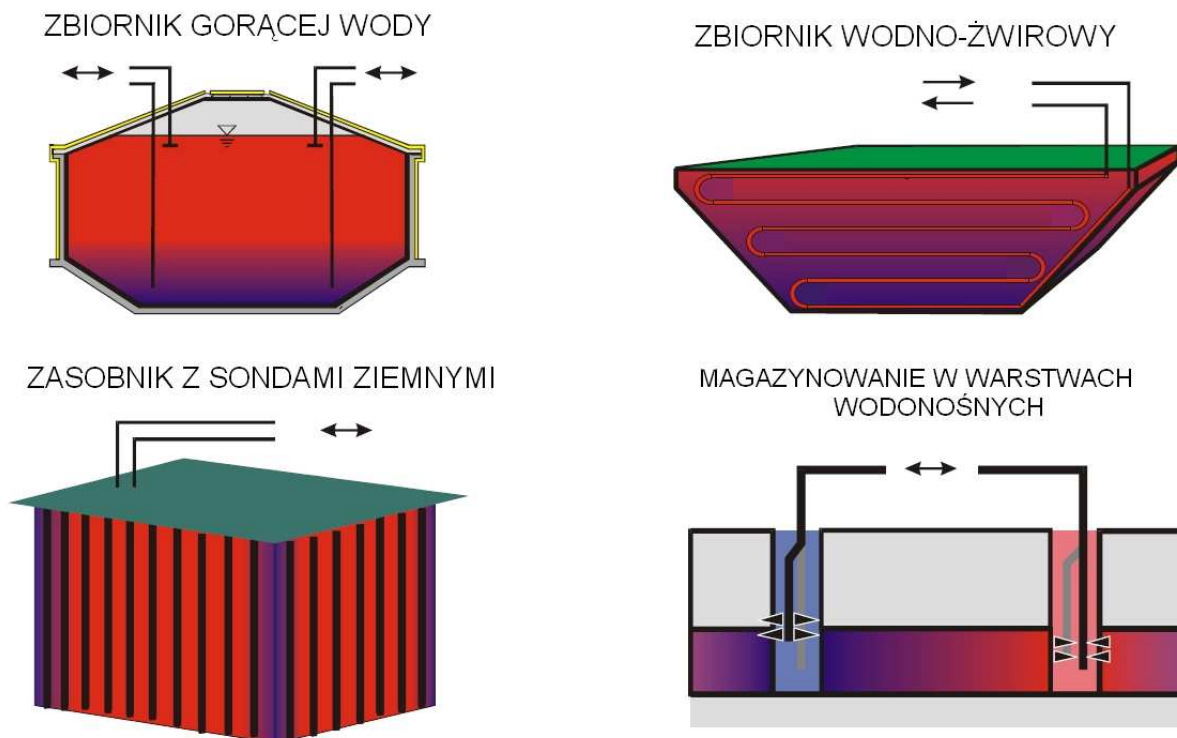
Pierwsze instalacje powstały w ostatnich latach ubiegłego wieku, a zastosowane sposoby magazynowania energii zaprezentowano na rysunku 6.

W przypadku zbiorników wodno-żwirowych wykorzystuje się mieszaninę wody i żwiru jako

medium magazynującego. Technologia jest stosunkowo prosta, gdyż wykopany dół, który odizolowuje się cieplnie od otoczenia, wypełnia się medium, a następnie przykrywa. Pobieranie ciepłej wody następuje bezpośrednio ze zbiornika albo za pośrednictwem wężownicy rozłożonej w zbiorniku.



Rys. 5



Rys. 6

W zbiornikach z sondami ziemnymi medium magazynującym jest gleba albo skały. Ładowanie oraz rozładowanie zbiornika następuje za pośrednictwem tzw. sond rurowych typu U (współosiowe rurowe wymienniki ciepła), umieszczonych w otworach wiertniczych o głębokości od 20 do 100 metrów. Transport energii następuje na zasadzie przewodzenia ciepła.

W przypadku magazynowania w warstwach wodonośnych wykorzystuje się szczeliny skalne w warstwach wodonośnych, przy czym warstwy te są od dołu i od góry doszczelnione. Ciepło dostarcza się do nich oraz z nich pobiera za pośrednictwem studni głębinowych.

PV, wiatr, woda i biomasa³⁻⁶

Proces magazynowania energii dzieli się na kilka etapów:

- w pierwszym następuje wytworzenie energii elektrycznej z wykorzystaniem energii wiatru, promieniowania słonecznego, biomasy, wody oraz geotermii,
- drugi to magazynowanie energii z wykorzystaniem różnych technologii (zbiornikowe elektrownie pompowe, zbiorniki sprężonego powietrza, akumulatory – baterie, zasobniki wodoru itd.),
- trzeci etap to przekształcenie energii elektrycznej w gaz (elektroliza lub tworzenie metanu),
- czwarty to magazynowanie gazu,
- piąty zakłada wykorzystanie gazu (w turbinach gazowych, ogniach paliwowych, bezpośrednio u użytkowników itd.).

W przypadku pozyskiwania energii elektrycznej za pośrednictwem ogniw fotowoltaicznych lub kolektorów skupiających promieniowanie słoneczne następuje albo bezpośrednie przekazanie wytworzonej energii do sieci elektrycznej, albo instalacja jest niezależna od sieci (zestaw baterii do magazynowania energii, np. układ samowystarczalny). Są to specjalne baterie stacjonarne albo przeznaczone do techniki solarnej. Standardowe baterie samochodowe są bezużyteczne. Akumulatory solarne służą do magazynowania pozyskanej energii w fotowoltaicznych instalacjach indywidualnych albo stanowią bufor magazynujące energię w przypadku instalacji większej mocy. Akumulatory te wykonywane są w różnych wersjach – od ołowiowych, poprzez ołowiowo-żelowe po litowo-jonowe.

Jedną z największych baterii akumulatorów energii o mocy 34 MW zastosowano w Rokkasho (Japonia). Są to specjalne baterie sodowo-siarkowe (NaS), magazynujące energię wiatrową. W przypadku dużych instalacji fotowoltaicznych lub wiatrowych może zachodzić potrzeba magazynowania olbrzymich ilości energii. Ponieważ sieć elektryczna nie jest w stanie magazynować energii, ilość produkowanej energii musi w każdej chwili pokrywać się z zużyciem, w przeciwnych wypadku dojdzie do uszkodzenia/załamania sieci. Aby rozwiązać ten problem, stosuje się szereg rozwiązań.

Zbiornikowe elektrownie pompowe

W przypadku tych instalacji następuje przepompowanie wody przy użyciu energii elektrycznej ze zbiornika położonego na niższym poziomie do zbiornika znajdującego się wyżej, który może posiadać dodatkowe dopływy. Magazynowanie energii polega tu na gromadzeniu energii potencjalnej wody zgromadzonej w górnym zbiorniku (zbiornikach). Woda ta może w każdej chwili zostać doprowadzona do turbin wytwarzających energię elektryczną (fot. 2.). Stacje przepompowe są oczywiście stosowane również w tradycyjnych elektrowniach wodnych.



Fot. 2

Największą zaletą takich stacji przepompowych jest ich duża elastyczność. Po bardzo krótkim czasie, nieprzekraczającym 2 minut, można uzyskać pełną moc, równocześnie bardzo szybko wyłączyć, a następnie w czasie do 3 minut ponownie uruchomić z pełną mocą. Najdoskonalsze elektrownie umożliwiają uruchomienie pomp oraz turbin i doprowadzenie ich do pełnej mocy w czasie nieprzekraczającym 30 sekund. Zastosowanie szeregu przewodów łączących zbiorniki pozwala na jednoczesną pracę turbin i pomp, a co za tym idzie na lepszą regulację instalacji.

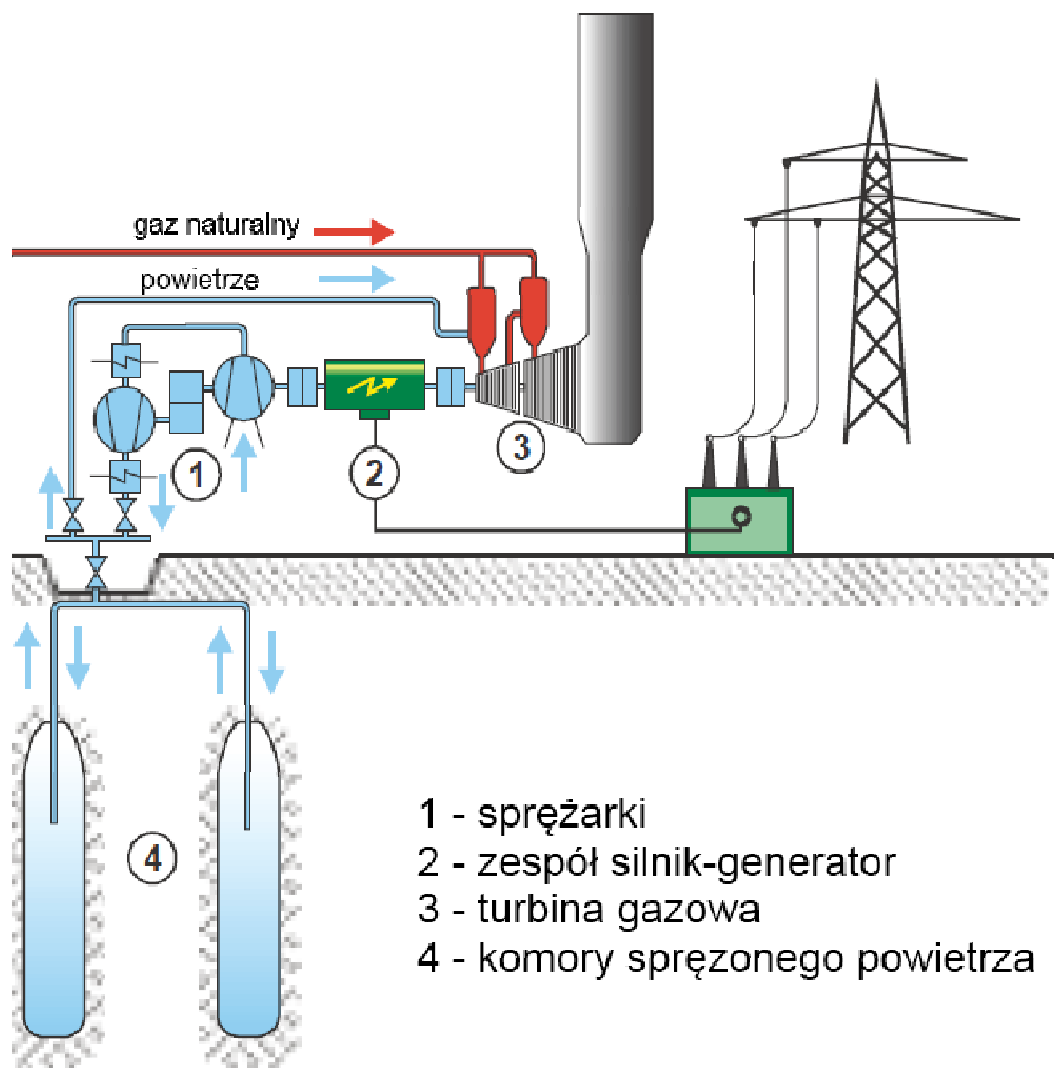
Istnieją koncepcje wykorzystania wyrobisk pokopalnianych jako zbiorników znajdujących się na różnej głębokości, a więc umożliwiających wprowadzenie technologii przepompowywania bez potrzeby ingerencji w środowisko naturalne.

Zbiorniki sprężonego powietrza

Magazynowanie sprężonego powietrza znane jako CAES (Compressed Air Energy Storage) polega na wykorzystaniu prądu do sprężenia powietrza do 40-120 barów i schłodzeniu go za pośrednictwem specjalnych elementów. Tak przekształcona energia elektryczna gromadzona jest pod ziemią w komorach na głębokości 700-900 metrów. Po dekompresji gazu, w trakcie której musi on być podgrzany, następuje jego skierowanie do specjalnie modyfikowanych turbin gazowych, wytwarzających energię elektryczną.

Zastosowane w tej technologii systemy różnią się szczegółami w zakresie sposobu podgrzewania gazu oraz sposobu zagospodarowania strat ciepła występujących w sprężarkach i turbinach.

Na rysunku 7 przedstawiono schemat działania instalacji.



Rys. 7

W trakcie prac rozwojowych w obszarze rekuperacji energii w siłowniach pracujących w systemie CAES pojawiły się siłownie D-CAES, tzw. diabatyyczne, w których powietrze ogrzewane jest podczas rozprężania za pośrednictwem spalania gazu (Huntorf) lub oleju. W siłowniach AA-CAES (advanced adiabatic) ciepło wytwarzane przez kompresory w trakcie sprężania jest gromadzone oraz następnie wykorzystywane. Ciepło to ma zastąpić energię, którą obecnie wykorzystuje się do podgrzewania powietrza w trakcie rozprężania.

Magazynowanie wodoru i metanu

Szacuje się, że wzmożone stosowanie odnawialnych źródeł energii, związane z ustaleniami, między innymi protokołu z Kioto, spowoduje konieczność przyspieszenia prac nad nowymi technologiami, umożliwiającymi magazynowanie pozyskanej energii w sposób pozwalający na kompensację dużych skoków zapotrzebowania energii oraz podaży odnawialnych źródeł energii.

Uważa się, że problem ten może być rozwiązany poprzez system energia – gaz, polegający na przykład na procesie elektrolizy, w którym z wody za pośrednictwem prądu wytwarza się wodór. Wodór posiada bardzo dużą pojemność cieplną, a magazynowany w podziemnych komorach może być wykorzystany do ponownego wytworzenia energii elektrycznej w ogniach paliwowych, turbinach albo silnikach gazowych.

Prowadzone są również prace na użyciem wodoru do wytworzenia metanu, aby dzięki temu uzyskać znaczny wzrost pojemności cieplnej (z 360 do 1200 kWh/m³).

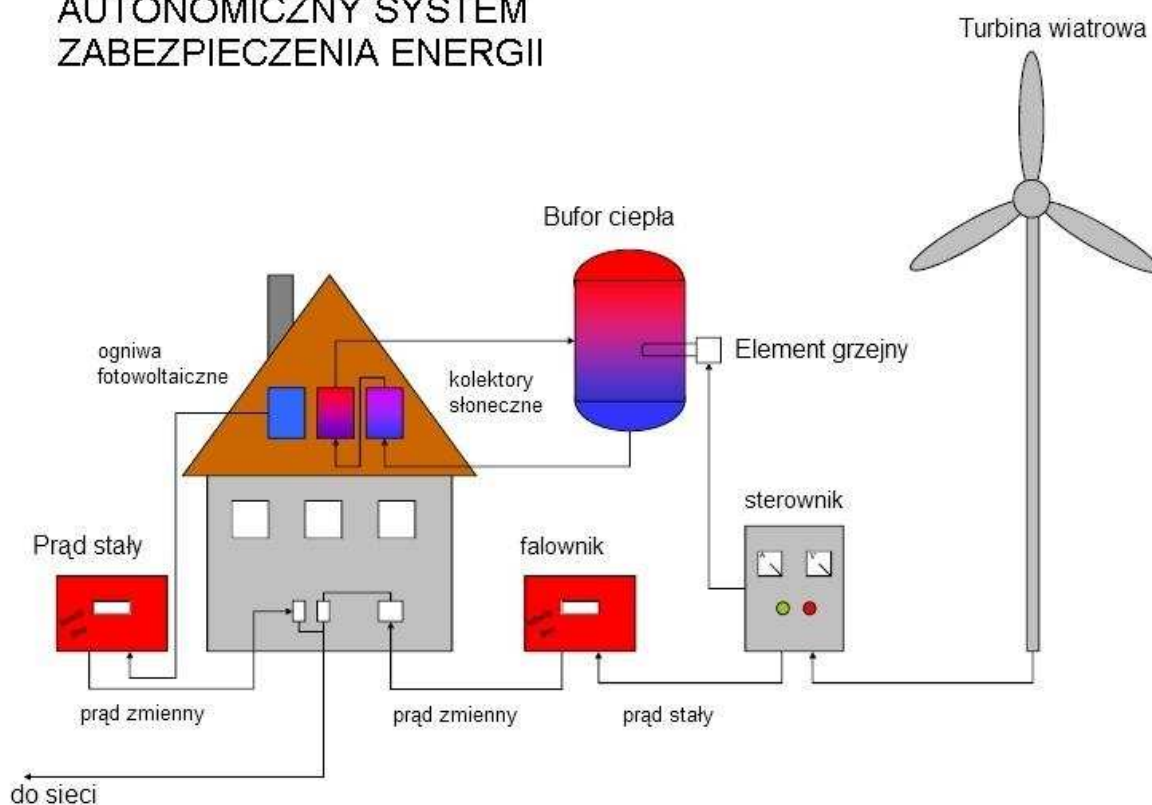
Instalacje przydomowe

W związku z pracami nad wprowadzeniem obowiązku zastosowania odnawialnych źródeł energii w budownictwie nowym oraz w trakcie modernizacji powstanie również problem magazynowania energii. Będzie to miało miejsce zwłaszcza w przypadku budynków samowystarczalnych (rys. 8).

W przypadku przedstawionym w artykule energię pozyskaną przez ogniwa fotowoltaiczne, kolektory słoneczne oraz turbinę wiatrową magazynuje się między innymi w buforze ciepła, z którego czerpana jest wg potrzeb użytkownika.

Magazynowanie energii stanowi zagadnienie, którego dotyczy szereg prac rozwojowych. Osobną kwestią jest porównanie poszczególnych metod magazynowania energii pod względem sprawności i kosztów ich wprowadzania.

AUTONOMICZNY SYSTEM ZABEZPIECZENIA ENERGII



Rys. 8

Źródła

1. Chodura J.: *Nowoczesne sposoby magazynowania i wykorzystania energii słonecznej.* „Rynek Instalacyjny” 5/2011
2. Chodura J.: *Magazynowanie energii w dużych instalacjach solarnych.* „Rynek Instalacyjny” 1/2/2011
3. *Moderne Stromspeicher. Unverzichtbare Bausteine der Energiewende.* Deutsche Bank DB Research. 01.2012.
4. *Compressed Air Energy Storage (CAES). Scopin Workshop. Enabling Solar and Wind Energy. Technologies on a Grand Scale.* October 2008.
- 5 *Integration des erneuerbaren Stroms in das Ergasnetz. Strategieplattform. Power to Gas.* DENA Deutsche Energie-Agentur 05/2012.
- 6 *Strom speichern. Agentur für Erneuerbare Energien.* „Renews Spezial Ausgabe” 2/2012.