

Arkadiusz JAMROZIK<sup>1</sup>

Adam GŁUSZEK<sup>2</sup>

Arkadiusz OLEJNIK<sup>3</sup>

## NOWOCZESNE METODY MAGAZYNOWANIA ENERGII

W najbliższych latach, wraz z pogłębianiem się problemów energetycznych świata i coraz szerszym wykorzystywaniem odnawialnych źródeł energii bardzo istotnym zagadnieniem stanie się magazynowanie energii. Opracowywane i ciągle udoskonalane technologie gromadzenia energii mają przyczynić się przede wszystkim do rozwiązania problemu pokrycia zapotrzebowania na energię w okresach szczytów energetycznych wywołanych nagłymi zmianami zużycie energii elektrycznej. W pracy przedstawiono najbardziej obiecujące rozwiązania w zakresie kumulacji energii z różnych źródeł. Omówiono wybrane metody magazynowania energii, w tym metody chemiczne, elektrochemiczne, mechaniczne oraz elektryczne. W metodach chemicznych, energię najczęściej gromadzi się produkując paliwa tj. wodór. Odzyskanie energii z paliw może być zrealizowane np. na drodze ich spalania. Metody elektrochemiczne bazują na akumulatorach, w tym najnowocześniejszych akumulatorach przepływowych. W metodach mechanicznych na szczególną uwagę zasługuje magazynowanie energii w sprężonym powietrzu, a wśród metod elektrycznych przyszłością jest superkondensator, przykład bezpośredniego magazynu energii. Aby móc efektywnie wykorzystywać prezentowane rozwiązania, znaczna ich część wymaga jednak udoskonalenia, poprawy sprawności i obniżenia kosztów eksploatacji. Należy przypuszczać, że zwłaszcza ekologiczne korzyści stosowania systemów magazynujących energię, spowodują w najbliższej przyszłości wzrost zainteresowania i inwestycji dla tego typu instalacji. Dopóki jednak koszty instalacyjne takich przedsięwzięć nie zmaleją, a sprawności ogólne nie wzrosną, będą one w większości przypadków wykorzystywane jedynie do badań i prób, a nie do realnego podniesienia sprawności energetycznej przedsiębiorstw produkujących energię elektryczną.

**Słowa kluczowe:** energia elektryczna, odnawialne źródła energii, kumulacja energii, magazyny energii

<sup>1</sup> Autor do korespondencji: Arkadiusz Jamrozik, Instytut Maszyn Ciepłych, Politechnika Częstochowska, Armii Krajowej 21, 42-201 Częstochowa, jamrozik@imc.pcz.czyst.pl

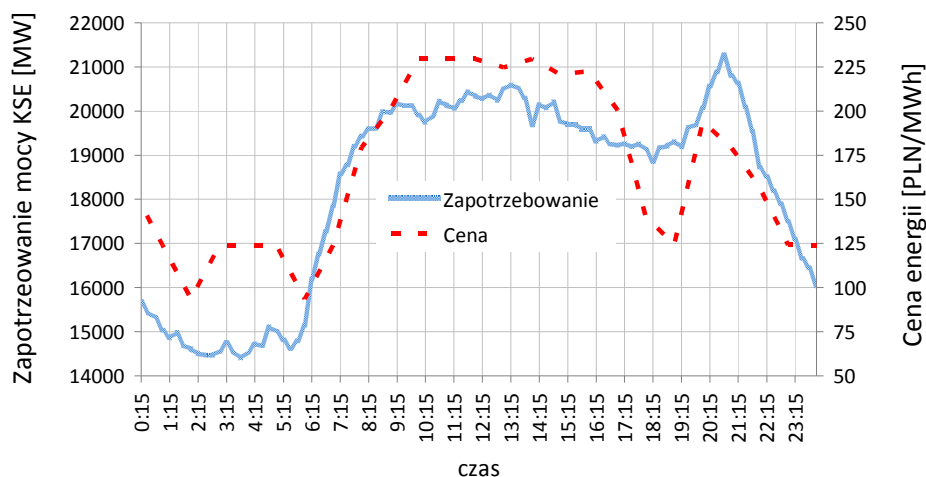
<sup>2</sup> Adam Głuszek, Politechnika Częstochowska, adam\_ga@poczta.fm

<sup>3</sup> Arkadiusz Olejnik, Politechnika Częstochowska, olejnik.arkadiusz@gmail.com

## 1. Wprowadzenie

W dzisiejszych czasach, bardzo uzależniliśmy się od dostaw energii elektrycznej i nie wyobrażamy sobie życia bez bieżącego dostępu do niej. Prąd elektryczny jest specyficznym rodzajem energii, którego produkcja musi w tej samej chwili pokrywać się z zapotrzebowaniem. Największe jednostki produkujące prąd to zazwyczaj elektrownie opalane węglem bądź elektrownie atomowe. Charakteryzują się one bardzo niską elastycznością na obciążenie, a także spadkiem sprawności podczas pracy odbiegającej od warunków nominalnych. W związku z tym nie nadążają za zmianami zużycia energii elektrycznej, które uzależnione jest od wielu czynników takich jak: pora dnia, pora roku, temperatura itp.

Na rysunku 1 możemy zauważyć szczyty i doliny dobowego zapotrzebowania na moc w Polsce. Widać, że w godzinach porannych następuje gwałtowny wzrost, a w nocy gwałtowny spadek zapotrzebowania na moc, sięgający około 5500 MW [1]. Aby zrekompensować taką różnicę należałoby w ciągu doby raz dostarczyć, a raz ograniczyć doprowadzaną moc o wartości porównywalnej do mocy elektrowni w Bełchatowie - 5342 MW, która jest największą elektrownią w Polsce. Uruchomienie bądź zatrzymanie elektrowni o takiej mocy jest jednak procesem złożonym i musi trwać co najmniej kilka godzin. W tak długim okresie czasu mogłoby się okazać, że zapotrzebowanie nagle się zmieniło. Próby reagowania na ciągłe zmiany w zapotrzebowaniu na moc (wygaszanie i rozpalamie na nowo kotłów parowych w elektrowniach) generuje ogromne straty, zwiększa zużycie węgla i powoduje spadek sprawność.



Rys. 1. Wykres krajowego dobowego zapotrzebowania na energię i jej cena w dniu 22 kwietnia 2014 roku, na podstawie [1]

Fig. 1. Chart of the national daily demand for energy and its price on 22 April 2014, based on [1]

Powstaje więc pytanie: co zrobić z nadmiarem energii? Odpowiedź nasuwa się sama - magazynować, i wykorzystywać w czasie „szczytów zapotrzebowania”. Patrząc na magazynowanie energii pod kątem bilansu energetycznego, nie jest to praktyczne rozwiązanie gdyż, energia którą zużyjemy w celu jej zmagazynowania będzie zawsze większa od tej której uzyskamy z „magazynu”. Nie wolno nam jednak rozpatrywać tego zagadnienia tylko pod jednym kątem. Analizując problem z ekonomicznego punktu widzenia, rozwiązanie to może być opłacalne. Magazynowanie będzie rentowne wtedy, gdy zużywać będziemy energię podczas gdy jej ceny są niskie, a oddawać (sprzedawać) w momencie najwyższych cen. Również pod względem technicznym magazynowanie spełnia swoje cele, gdyż poprawia jakość prądu w sieci elektroenergetycznej.

Obecnie wzrost popularności „magazynów” energii, wynika z rozwoju odnawialnych źródeł energii OZE, ponieważ produkcja energii z takich źródeł jest bardzo zmienna i lepiej jest ją zmagazynować i oddać w sposób zrównoważony. Do racjonalnego wykorzystania OZE niezbędne jest więc magazynowanie używanej energii.

## 2. Rodzaje metod magazynowania energii

### 2.1 Metody chemiczne

Nadmiar energii możemy wykorzystać do produkcji paliw takich jak metanol, metan czy wodór, a następnie odzyskać zawartą w nich energię, najczęściej na drodze spalania. Wydaje się, że najbardziej przyszłościowym paliwem jest wodór, ze względu na wysoką wartość opałową, dostępność, jak i szerokie możliwości jego wytwarzania [2]. Wodór w czystej postaci jest atrakcyjnym paliwem, gdyż jego wartość opałowa wynosi około 120 MJ/kg. W warunkach normalnych jest gazem i wystarczy około 4% mieszanina z powietrzem, aby mógł się spalać. Zaletą tego pierwiastka jest brak emisji szkodliwych substancji podczas spalania, gdyż produktem spalania jest jedynie woda. Kolejnym argumentem przemawiającym za wodorem, jest jego dostępność na Ziemi. Nie występuje on jednak w czystej postaci. Aktualnie wodór pozyskuje się używając następujących metod:

- procesu reformingu benzyny – proces ten polega na zwiększeniu liczby oktanowej benzyny poprzez odwodornienie węglowodorów nasyconych;
- procesu reformingu metanu parą wodną – proces produkcji wodoru z metanu i pary wodnej. W temperaturze 700–1100°C, w obecności katalizatora metalicznego, para wodna reaguje z metanem tworząc gaz syntezowy złożony z tlenku węgla i wodoru;
- procesu elektrolizy wody – proces polega na uporządkowanym przepływie jonów w elektrolicie wodnym, pomiędzy elektrodami, pod wpływem przyłożonego pola elektrycznego. W wyniku elektrolizy wody otrzymuje się

wodór, który wytwarza się na jednej z elektrod – katodzie oraz tlen, który powstaje na drugiej elektrodzie zwanej anodą;

- metod biologicznych – w tego typach metodach, wykorzystuje się mikroorganizmy, które podczas procesu fotosyntezy wytwarzają wodór. Przykładem mogą być algi, które zaczynają produkować wodór w chwili braku w ich pożywkach soli kwasu siarkowego tzw. siarczanów;
- metody Habera–Boscha – metoda ta polega na rozkładzie pary wodnej, za pomocą koksu o temperaturze 1200°C. Powstały wodór jest mocno zanieczyszczony tlenkiem węgla, którego można się pozbyć za pomocą reakcji katalitycznej w obecności np.  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (tlenek żelaza) [3].

Jednym z głównych problemów w energetycznym wykorzystaniu wodoru jest jego składowanie. Jako pierwiastek wodór ma najniższą gęstość spośród znanych pierwiastków na Ziemi. W normalnych warunkach (20°C, 1 atm) jego gęstość wynosi około 0,08 kg/m<sup>3</sup>. Obecnie wykorzystuje się kilka sposobów magazynowania wodoru, są to:

- magazynowanie w postaci sprężonego gazu – wodór jest sprężany do ciśnienia od 150 do 800 bar w temperaturze około 298K. Dzięki tej metodzie możliwa ilość przechowywanego wodoru w specjalnym zbiorniku pod ciśnieniem 700 bar równa jest około 12% masy całego zbiornika;
- magazynowanie w postaci ciekłej – przechowywanie wodoru w takiej formie jest energochłonne gdyż musimy utrzymywać temperaturę wodoru na poziomie 20K. Jeżeli zdecydujemy się na ten sposób magazynowania, musimy wziąć pod uwagę dość duże straty przez parowanie pierwiastka. Plussem tego sposobu przechowywania jest zwiększona gęstość wodoru do około 70 kg/m<sup>3</sup>;
- magazynowanie z wykorzystaniem fizycznych wodorków metalu – metoda ta polega na magazynowaniu wodoru za pomocą stopów niklu ( $\text{LaNi}_5$ ) i chromu ( $\text{ZrCr}_2$ ). W metodzie tej zbiorniki zbudowane z takich stopów wypełnia się wodorem, który jest absorbowany na powierzchni wewnętrznej zbiornika. Podczas zachodzącej tam reakcji wydzielą się ciepło. Gdy chcemy odzyskać wodór, dostarczamy ciepło i zachodzi reakcja odwrotna. Szybkość wydzielania wodoru zależy od ilości dostarczanej energii. Obecnie metodą tą potrafimy zmagazynować wodór w ilości równej około 5% masy całego zbiornika;
- magazynowanie z wykorzystaniem chemicznych wodorków metali – metoda polega na magazynowaniu wodoru w postaci związków chemicznych tj. KH (wodorek potasu), NaH (wodorek sodu),  $\text{NaBH}_4$  (borowodorek sodu). Uwalnianie pierwiastka np. z borowodorku sodu polega na reakcji rozbitcia związku wywołanej dostarczeniem wody i katalizatora. Metoda ta jest dość efektywna, gdyż dostajemy więcej wodoru niż było pierwotnie zmagazynowane, gdyż rozbitciu na tlen i wodór ulegają także cząstki doprowadzanej wody [3].

Produkcja i przechowywanie wodoru to nie wszystko. Rodzi się pytanie jak wykorzystać to „zielone” paliwo? Możemy je na przykład spalać w silnikach z zapłonem iskrowym. Wodór świetnie się do tego nadaje gdyż ma dużą zdolność do zapłonu oraz szerokie granice palności mieszanki. Sprawność konwencjonalnego silnika spalinowego jest jednak stosunkowo niska i wynosi około 33% [4,5]. Alternatywą mogą być ogniwa paliwowe, których sprawność sięga nawet 70%. Zaletami ogniw paliwowych są, niewielka emisja związków szkodliwych, dość krótki czas rozruchu, oraz stabilność dostarczenia prądu. Minusem (w pewnych wypadkach jest to plus) jest produkcja prądu stałego, oraz dosyć wolna reakcja na zmianę obciążenia. Wiele do życzenia pozostawia również żywotność takich urządzeń, ale wraz z postępem materiałoznawstwa i odkrywania nowych materiałów, czas „życia” takich ogniw wydłuża się.

## 2.2 Metody elektrochemiczne

Metody elektrochemiczne są najbardziej rozwiniętymi i rozpowszechnionymi, sposobami magazynowania energii. Opierają się na „przechowywaniu” energii w akumulatorach elektrochemicznych. Ich zasada działania i budowa jest bardzo prosta. W elektrolicie znajdują się dwie różne elektrody. W wyniku reakcji chemicznych pomiędzy elektrolitem, a elektrodami na jednej z nich pojawia się niedobór elektronów, natomiast na drugiej nadmiar. Dzięki temu energię chemiczną możemy zamienić na energię elektryczną. Obecnie wyróżniamy następujące rodzaje akumulatorów: ołowiowo-kwasowe, niklowo-kadmowe, niklowo-żelazowe, litowo-jonowe, oraz wiele innych. Różnią się one od siebie budową elektrod i rodzajem elektrolitu. Takie rodzaje akumulatorów stosuje się głównie do urządzeń mobilnych, takich jak komórki, laptopy, a także w przemyśle motoryzacyjnym.

W ostatnich latach największy rozwój przypadł akumulatorowi wanadowemu. Jest to pierwszy akumulator przepływowy. Nie różni się on zasadą działania od innych, odróżnia go za to budowa. Dwie komory oddzielone od siebie półprzepuszczalną membraną, stanowią elektrody akumulatora. Wtłacza się do nich wodny roztwór jonów wanadu w kwasie siarkowym, do każdej komory inny, o różnym stopniu utlenienia. W wyniku reakcji zachodzących pomiędzy roztworami, w jednej z komór-elektrod pojawia się nadmiar elektronów, w drugiej niedobór. Dużą zaletą akumulatora jest możliwość tłoczenia roztworów z dwóch osobnych zbiorników. Dzięki temu po rozładowaniu, możemy taki akumulator naładować, albo po prostu wymienić roztwory na naładowane [6].

Wadą akumulatorów elektrochemicznych jest stosunkowo krótki okres rozładowywania, i problem z ich utylizacją, gdyż są zbudowane najczęściej z związków, które nie są przyjazne środowisku.

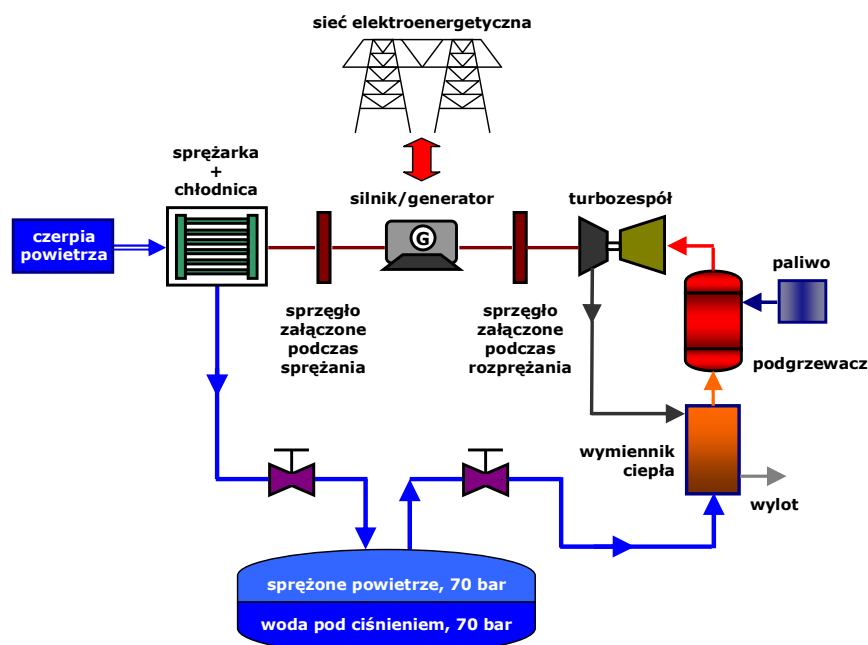
### 2.3. Metody mechaniczne

Spośród mechanicznych sposobów magazynowania energii możemy wyróżnić trzy najbardziej popularne metody, są to: elektrownie szczytowo-pompowe, koła zamachowe oraz magazynowanie w postaci sprężonego powietrza. Najpopularniejszą z nich, od dawna wykorzystywaną, są elektrownie szczytowo-pompowe. Wadą tego rozwiązania są jednak niewielkie możliwości jego rozwoju i udoskonalenia. To samo dotyczy sposobu magazynowania w postaci energii kinetycznej w kole zamachowym. Technologia ta nie znalazła szerszej rzeszy odbiorców ze względu na bardzo krótki czas magazynowania.

Wśród mechanicznych metod na uwagę zasługuje sposób magazynowania energii w postaci sprężonego powietrza. Podstawową zaletą tej metody jest aspekt ekonomiczny nośnika, którym jest ogólnie dostępne i przede wszystkim darmowe powietrze. Sposób ten na pierwszy rzut oka jest dość atrakcyjny i polega na wykorzystaniu nadmiaru energii w momencie znikomego obciążenia sieci, na spręż powietrza. Głównym problemem w tym rozwiązaniu jest konieczność magazynowania dużych ilości powietrza pod wysokim ciśnieniem. Powietrze charakteryzuje się niską gęstością energii na poziomie  $29 \text{ MJ/m}^3$  dla ciśnienia sprężania 70 barów [7]. Jest to stosunkowo niska wartość w odniesieniu do zapotrzebowań energetyki zawodowej, gdyż aby można było mówić o wykorzystaniu tej metody na cele pokrycia szczytów obciążeń należałoby się liczyć z budową wielkogabarytowych zbiorników.

Rozwiązaniem tego problemu mogą być kawerny, czyli puste przestrzenie w skałach służące za ogromne zbiorniki sprężonego powietrza. Rozwiązanie to ma również walor ekonomiczny, ponieważ magazyny owe są znacznie tańsze, aniżeli budowa napowietrznych czy też jeszcze droższych, budowanych od podstaw magazynów podziemnych nie mających pochodzenia naturalnego.

Na rys. 2 przedstawiono zasadę działania instalacji CAES (Compressed Air Energy Storage) uruchomionej w Alabamie/USA wykorzystującej metodę magazynowania energii za pomocą sprężonego powietrza [8,9]. Podczas gdy zapotrzebowanie na energię elektryczną jest znikome, a więc jej cena jest najniższa, w instalacji uruchamiana jest sprężarka napędzana silnikiem elektrycznym, która wtłacza sprężone, schłodzone powietrze do podziemnej kawerny. Znajduje się w niej woda, która przez swoje ciśnienie hydrostatyczne zapewnia stałe ciśnienie wtłaczonemu powietrzu. W momencie wzrostu zapotrzebowania na energię, zmagazynowane powietrze poddaje się dwustopniowemu podgrzaniu, najpierw w rekuperatorowym wymienniku ciepła, a następnie w podgrzewaczu. Tak przygotowane powietrze dostarczane jest do turbiny gazowej która napędza generator prądotwórczy. Wymiennik wykorzystuje ciepło spalin wylotowych z turbiny, natomiast źródłem ciepła w podgrzewaczu jest spalane tam paliwo gazowe.



Rys. 2. Zasada działania instalacji CAES w Alabamie, na podstawie [7]

Fig. 2. The principle of CAES plant in Alabama, based on [7]

Niewielkie do tej pory zainteresowanie na świecie tym rodzajem magazynu energii, tłumaczy konieczność dostępu do naturalnych kavern, gdyż tworzenie od podstaw zbiorników nie ma szerszych przesłanek ekonomicznych. Aby jeszcze bardziej usprawnić tego typu elektrownie, dąży się do adiabatyczności procesów towarzyszących magazynowaniu sprężonego powietrza. Cel ten można osiągnąć między innymi przez magazynowanie ciepła odpadowego powstającego przy sprężaniu czy chłodzeniu powietrza, a następnie jego wykorzystanie do podgrzania powietrza podawanego na turbinę. W ten sposób całkowicie można wyeliminować zapotrzebowanie na zewnętrzne źródło ciepła, jak np. ciepło ze spalania paliwa gazowego w podgrzewaczu (instalacja w Alabamie). Badania instalacji CAES prowadzone od wielu lat na całym świecie zmierzają do opracowania technologii magazynowania energii w sprężonym powietrzu z wykorzystaniem przemian adiabatycznych.

#### 2.4. Metody elektryczne - kondensatory i superkondensatory

Wszystkie przedstawione dotychczas metody magazynowania energii należą do metod pośrednich, w których energia w pierwszym etapie zamieniana jest na inny rodzaj energii, jak np. w przypadku sprężonego powietrza, a następnie ponownie konwertowana na energię elektryczną. Jednym z nielicznych bezpo-

średnich magazynów energii elektrycznej jest superkondensator, który łączy cechy tradycyjnego akumulatora oraz znanego i często spotykanego w różnego rodzaju urządzeniach - kondensatora. Superkondensator może mieć budowę zwijaną lub składaną. Jego zasada działania polega na gromadzeniu ładunku elektrycznego w obrębie podwójnej warstwy zwanej warstwą Helmholtza (podwójnej warstwie elektrycznej). Odpowiednia budowa i rodzaj materiału na warstwy o dużej aktywnej powierzchni elektrycznej (węgle aktywne, grafen) pozwala na osiągnięcie dużych pojemności kondensatora. Przedrostek „super”, superkondensator zawdzięcza swoim właściwościom. Przede wszystkim bardzo szybkiemu ładowaniu i rozładowaniu. Dzięki tej własności kondensatory tego typu uzyskują bardzo dużą gęstość mocy. W tabeli 1 porównano własności trzech wybranych urządzeń magazynujących energię, takich jak akumulator kwasowo-ołowiowy tradycyjny kondensator oraz superkondensator [10].

Tabela 1. Zestawienie najważniejszych cech trzech wybranych magazynów energii, na podstawie [10]

Table 1. Summary of important features three selected energy storage, based on [10]

	Akumulator kwasowo-ołowiowy	Tradycyjny kondensator	Superkondensator
Czas ładowania	1-5 godz.	$10^{-3}$ - $10^{-6}$ s	0,3-30 s
Czas rozładowania	0,3-3 godz.	$10^{-3}$ - $10^{-6}$ s	0,3-30 s
Energia właściwa, Wh/kg	od 10 do 100	< 0,1	od 1 do 10
Liczba cykli	1000	< 500 tys.	< 500 tys.
Moc właściwa, W/kg	< 1000	< 100 tys.	< 10 tys.
Sprawność ładowania/rozładowania	0,7-0,85	> 0,95	0,85-0,98

Superkondensatory w odniesieniu do akumulatorów wyróżniają się niezwykle dużą żywotnością, dużą mocą właściwą oraz wysoką sprawnością cykli pracy. Jednak czas ich rozładowania jest bardzo krótki, a energia zmagazynowana niewielka. Dlatego ten rodzaj magazynu nie ma swojej przyszłości w energetyce zawodowej jako źródło mocy w celu wyrównania szczytów, aczkolwiek może posłużyć do kondycjonowania mocy oraz podniesienia stabilności sieci. Superkondensatory mogą natomiast znaleźć zastosowanie w napędzie hybrydowym pojazdów samochodach. W tego typu pojazdach coraz szerzej stosuje się system odzysku energii hamowania, wykorzystywanej następnie podczas przyspieszania w czasie zwiększonego zapotrzebowania na moc. Zarówno hamowanie jak i przyspieszanie pojazdu samochodowego to procesy chwilowe, wymagające zastosowania szybkich reakcji urządzeń magazynujących energię. W tym przypadku zastosowanie superkondensatora wydaje się

rozwiązaniem celowym ponieważ charakteryzuje się on odpowiednio krótkimi czasami ładowania i rozładowywania energii.

Innym zastosowaniem superkondensatorów mogą być systemy podtrzymywania pracy UPS, w których spełniałyby one rolę zasilaczy rezerwowych.

### 3. Podsumowanie

W najbliższych latach, wraz z pogłębianiem się problemów energetycznych świata i coraz szerszym wykorzystywaniem odnawialnych źródeł energii bardzo istotnym zagadnieniem stanie się magazynowanie energii. OZE cechuje losowy charakter produkcji oraz znaczna zmienność generowanej mocy dlatego efektywne wykorzystanie tych źródeł jest możliwe tylko dzięki stworzeniu skutecznych metod kumulacji energii.

Należy mieć nadzieję, że korzyści ekonomiczne, a zwłaszcza ekologiczne stosowania systemów magazynujących energię spowodują wzrost zainteresowania i inwestycji dla tego typu instalacji. Przepuszczalnie względy ekologiczne wymuszą również wprowadzanie odpowiedniego prawa nakazującego wytwórcom stosowanie wysokowydajnych systemów odzysku i magazynowania energii. Dopóki jednak koszty instalacyjne takich przedsięwzięć nie zmaleją, a sprawności ogólne nie wzrosną, będą one w większości przypadków wykorzystywane jedynie do badań i prób, a nie do realnego podniesienia sprawności energetycznej przedsiębiorstw produkujących energię elektryczną.

### Literatura

- [1] Dane Krajowego Systemu Elektroenergetycznego, [www.pse-operator.pl](http://www.pse-operator.pl), 2014.
- [2] Domański R.: Magazynowanie energii cieplnej, PWN, Warszawa 1990.
- [3] Feldzensztajn A., Pacuła L., Pusz J.: Wodór „paliwem” przyszłości, INTECH, Instytut Wdrożeń Technicznych, 2003, s. 1-17.
- [4] Szwaja S., Jamrozik A., Tutak W.: A two-stage combustion system for burning lean gasoline mixtures in a stationary spark ignited engine, *Applied Energy*, 105, 2013, s. 271-281.
- [5] Jamrozik A., Tutak W.: A study of performance and emissions of SI engine with two-stage combustion system, *Chemical and Process Engineering*, vol. 32, no 4, 2011, s. 453-471.
- [6] Tyczkowski J.: Kłopoty z akumulatorem, *Wiedza i Życie*, nr 12, 1999
- [7] Klimstra J., Hotakain M.: *Smart Power Generation - Inteligentna Energetyka Przyszłości*, Avain Publishers, Helsinki 2012.
- [8] Dzierżanowski Ł.: Elektrownie CAES, *Energia Elektryczna*, nr 2-3, 2011.
- [9] Badyta K., Milewski J.: Elektrownie CAES - możliwości akumulacji energii oraz współpracy ze źródłami odnawialnymi, *Instal*, nr 2, 2010.
- [10] Tomczyk P.: Zasobniki energii, Katedra zrównoważonego rozwoju energetycznego, Seminarium Wydziału Energetyki i Paliw AGH, Kraków 2011

## MODERN METHODS OF ENERGY STORAGE

### Summary

In the coming years, with the deepening of the energy problems of the world and an increasing use of renewable energy sources very important issue becomes energy storage. Developed and constantly improved energy storage technologies are expected to contribute mainly to solve the problem of covering the demand for energy during periods of peak energy caused by sudden changes in electricity consumption. The paper presents the most promising solutions for the accumulation of energy from different sources. The selected method of storing energy, including chemical methods, electrochemical, mechanical and electrical. In the chemical methods, most often accumulates energy consumption that is producing hydrogen. Recovery of energy from fossil can be realized for example by burning them. Electrochemical methods are based on batteries, including batteries, most of the flow. The methods of mechanical deserve special attention storing energy in compressed air and electrical methods for the future of the supercapacitor, such as direct store energy. To be able to effectively use the presented solutions, a substantial portion, however, requires improvements to improve efficiency and reduce operating costs. It must be assumed that especially the ecological benefits of energy storage systems, will in the near future increase in interest and investment for this type of installation. But as long as the installation costs of such ventures will decrease and not increase overall efficiency, they will in most cases be used only for research and testing, and not to the real increase energy efficiency of enterprises producing electricity.

**Keywords:** electricity, renewable sources of energy, accumulation of energy, energy storage

DOI:10.7862/rb.2014.90

*Przesłano do redakcji: 18.11.2014 r.*

*Przyjęto do druku: 18.12.2014 r.*