

Sposoby magazynowania energii elektrycznej

Magazynowanie energii elektrycznej stanowi ważny element rynkowego podejścia do równoważenia popytu i podaży energii, przy jednoczesnym zapewnieniu niezawodności, efektywności oraz bezpieczeństwa dostarczania energii elektrycznej. Jako element sieci inteligentnej (smart grid) będzie również stanowiło uzupełnienie generacji rozproszonej ze źródeł odnawialnych, szczególnie narażonej na niestabilność wytwarzania wskutek zmiennych warunków pogodowych.

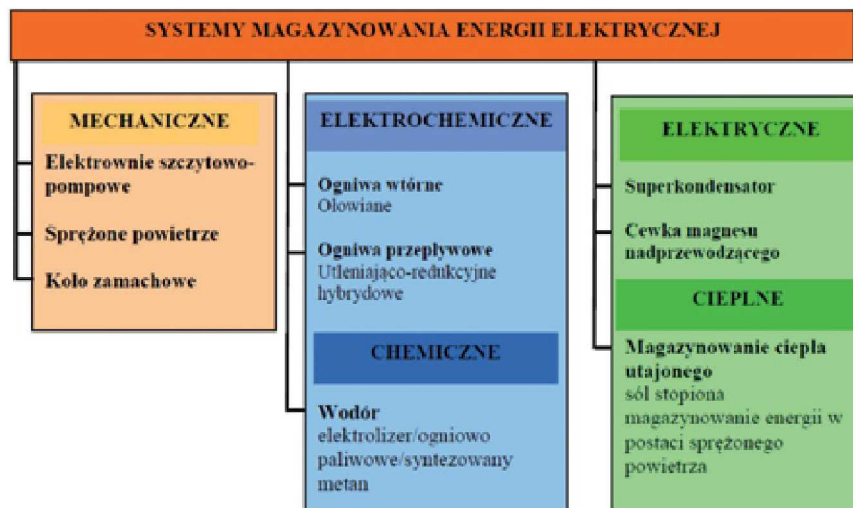
W zależności od formy magazynowanej energii wyróżnić możemy kilka rodzajów systemów magazynowania: mechaniczne, elektrochemiczne, chemiczne, elektryczne i cieplne. Ich graficzną prezentację zawiera rysunek 1.

Z technicznego punktu widzenia można stwierdzić, że nie istnieje obecnie jedna uniwersalna technologia dla magazynowania energii elektrycznej. Energia elektryczna może być magazynowana w dużych jednostkach centralnych lub w wielu małych, zdecentralizowanych (rozproszonych). Magazynowanie energii elektrycznej może odbywać się w ramach systemu elektroenergetycznego, jak również poza nim. Elementem bardzo oczekiwanym od magazynów energii elektrycznej jest pozytywny wpływ na zmniejszanie ograniczeń przesyłowych oraz - poprzez monitorowanie obciążenia w sieci - zwiększenie jej niezawodności i podniesienie jakości dostaw energii.

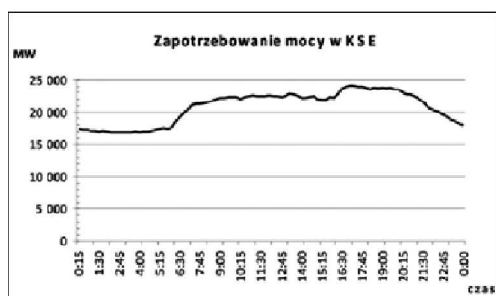
Rosnąca liczba niebezpiecznych zjawisk pogodowych (efekt zmian klimatu) stanowi częste źródło awarii sieci, szczególnie długich ciągów liniowych na obszarach leśnych oraz o rozproszonym odbiorze. Zmagazynowana lokalnie energia elektryczna może być wykorzystana w takich sytuacjach awaryjnych w celu kontynuacji zasilania przynajmniej części odbiorców. Problem ten dotyczy w szczególności niektórych branż komercyjnych, w których jakość zasilania stanowi główny element procesu technologicznego. Producenci elementów, podzespołów i urządzeń elektronicznych od dawna stosują zasilacze UPS do zabezpieczenia jakości wyrobów. Nadchodzi czas na zwiększenie zakresu prowadzonych działań poza zasięg lokalny. Dzisiejsze sieci elektroenergetyczne są oparte głównie na jednym kierunku przepływu energii: od źródła wytwórczego do odbiorców końcowych. Przesył i dystrybucja odbywają się zatem

centralnie, bez udziału konsumentów. Przyszłe sieci muszą być bardziej aktywne, tzn. obsługiwać dwukierunkowy przepływ energii i informacji. Zatem w systemie elektroenergetycznym moc wytwarzana musi być zbilansowana mocą aktualnie odbieraną a tym samym moc odbierana musi być zbilansowana mocą wytwarzaną. Zastosowanie magazynów energii elektrycznej (ściślej energii do produkcji energii elektrycznej) może być bardzo korzystne z wielu powodów przedstawionych powyżej. Przede wszystkim jednak istnienie zasobników umożliwia gromadzenie energii w okresach, kiedy jest jej nadmiar w systemie i wykorzystanie jej w okresie deficytu energii. W związku z coraz większym udziałem w generacji energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł odnawialnych, w których produkcja jest w małym stopniu zależna od człowieka, powinno się rozpatrzyć możliwość jej akumulowania. Dotyczy to zwłaszcza elektrowni wiatrowych i słonecznych, których aktualne możliwości generacyjne zależą od warunków pogodowych.

W tej chwili w Polsce moc zainstalowana w elektrowniach wiatrowych wynosi ok. 1 GW. Udział ten będzie z pewnością wzrastać i przy utrzymywaniu się obecnej tendencji będzie nawet dominujący. Nie oznacza to jednak dominacji w udziale procentowym w produkcji energii elektrycznej. Niezależnie od energetyki wiatrowej powinna rozwijać się energetyka oparta na bardziej dyspozycyjnych źródłach. Z drugiej strony przy tak dużej przewidywanej mocy zainstalowanej elektrowni wiatrowych można rozpatrzyć alternatywne rozwiązanie polegające na wykorzystaniu zasobników energii elektrycznej w celu zapewnienia mocy dyspozycyjnej.



Rys. 1. Klasyfikacja systemów magazynowania energii elektrycznej.



Rys. 2. Zapotrzebowanie dobowe mocy w krajowym systemie elektroenergetycznym.

Z krzywej dobowego obciążenia Krajowego Systemu Elektroenergetycznego (KSEE) w typowym dniu (styczeń 2010) przedstawionej na rys. 2 można zauważyć, że zastosowanie dużych zasobników energii może okazać się rozwiązaniem alternatywnym dla budowania nowych elektrowni. Średnia moc z przebiegu dobowego wynosi ok. 20,8 GW przy maksymalnej ok. 24 GW. Magazynowanie energii realizowane w zasobnikach instalowanych w KSEE trzeba też rozpatrzyć z punktu widzenia ich wielkości. Można budować ogromne zasobniki systemowe dołączone do sieci przesyłowej. Można też instalować mniejsze, pracujące w rozproszeniu, dołączone do sieci rozdzielczych, a także współpracujące ze źródłami dołączonymi do sieci średniego i niskiego napięcia.

Magazyny energii elektrycznej

Jako magazyny energii elektrycznej w KSEE można rozpatrywać wszelkie instalacje mogące magazynować dowolną postać energii, czyli zamieniać energię elektryczną na inny rodzaj energii, którą w pożądanym momencie mogą oddać do KSEE w postaci energii elektrycznej. Zasobniki energii elektrycznej charakteryzują się następującymi parametrami:

- ilość zgromadzonej energii, wydajność (energia/masa);
- moc maksymalna, moc ciągła, prąd maksymalny i ciągły, napięcie, częstotliwość;
- szybkość magazynowania i czas przejścia z tego trybu na tryb oddawania energii;
- dyspozycyjność;
- łatwość realizacji w KSEE;
- sprawność, okres eksploatacji i koszty.

Nie wszystkie możliwe sposoby gromadzenia energii nadają się do użycia w KSEE. Jako zasobniki energii elektrycznej można rozpatrzyć:

- elektrownie szczytowo-pompowe;

- zasobniki ze sprężonym powietrzem;
- energię kinetyczną wirujących mas;
- kondensatory;
- akumulatory chemiczne;
- wodór i ogniwa paliwowe.

Elektrownie szczytowo-pompowe

w skali świata stanowią ok. 3% energii zainstalowanej. W Polsce w elektrowniach szczytowo-pompowych zainstalowana jest moc 1406,0 MW, co stanowi 3,97% mocy zainstalowanej. Stanowią one dyspozycyjne źródła energii o niemal płynnym przejściu z trybu magazynowania na tryb oddawania, są jednak bardzo kosztowne.

Możliwości budowy zasobników szczytowo-pompowych są uzależnione od ukształtowania terenu i od lokalnych warunków hydrologicznych (rys nr 3). Dlatego możliwości ich powszechnego stosowania są ograniczone. Ale jeśli warunki na to pozwalają, to elektrownia

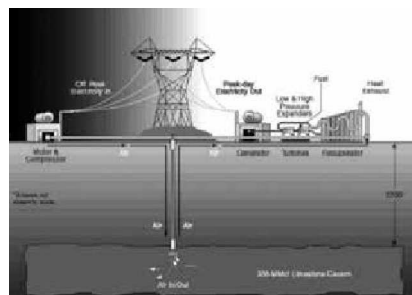
Zasada działania elektrowni szczytowo-pompowej



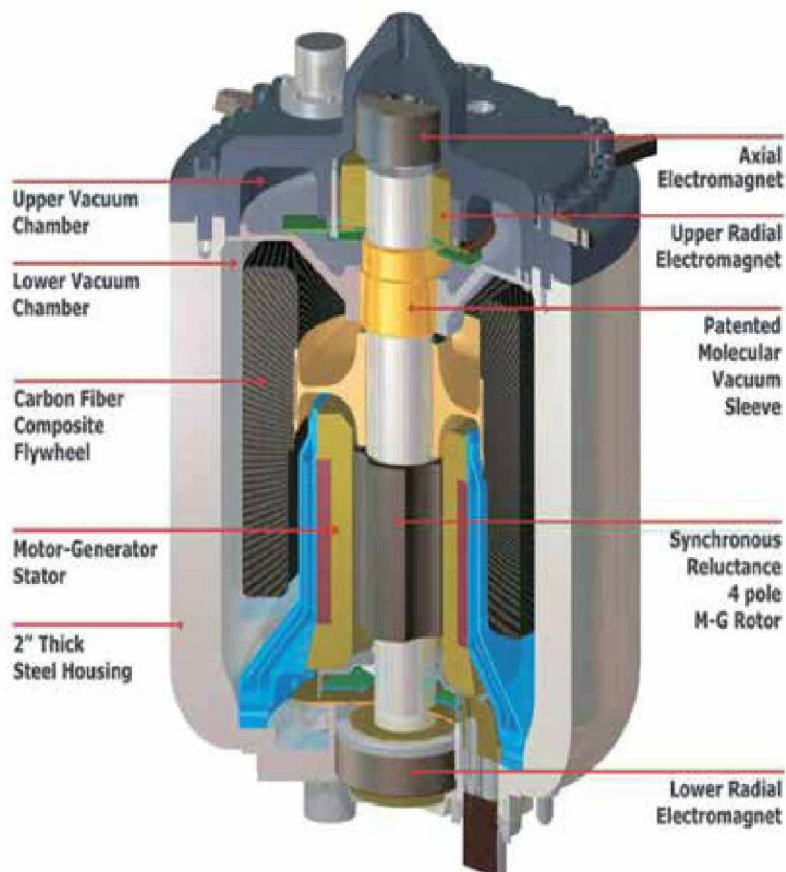
Rys. 3. Przekrój elektrowni szczytowo-pompowej.

szczytowo-pompowa jest najlepszym rozwiązaniem na gromadzenie energii elektrycznej.

W zasobnikach ze sprężonym powietrzem (ciśnienie dochodzące do 100 atm) wykorzystuje się naturalne zbiorniki podziemne (kopalnie, groty, jaskinie) patrz rys nr 4. Zbiornik o pojemności 300 000 m³ w praktyce pozwala na pracę turbiny o mocy 290 MW do 3 godzin, a zbiornik o objętości 5 320 000 m³ umożliwia pracę turbiny 110 MW przez 26 godzin. Sprawność takich zasobników dochodzi do 85%. Możliwości realizacji są uzależnione od istnienia obszernych podziemnych zbiorników o odpowiedniej szczelności. Dodatkowymi problemami są zmiany temperatury powietrza podczas sprężania i rozprężania powietrza.



Rys. 4. Widok elektrowni z zasobnikiem sprężonego powietrza



Rys. 5. Koło zamachowe 4 generacji.

Wirujące koła nadają się jako źródła rozproszone o ograniczonej energii.

Mają one możliwość oddawania bardzo dużej mocy, ale w krótkim czasie. Na przykład jednostka gromadząca energię 250 kWh może przez 4 min wydawać moc 2,5 MW przy czasie reakcji poniżej 5 s. Mogą więc służyć jako źródła rozproszone o dużej chwilowej przeciążalności.

Takie magazyny energii działają poprzez przyspieszenie cylindrycznego koła zamachowego do bardzo dużej prędkości (pomiędzy 8000 a 16000 RPM) i utrzymują energię w systemie jako energię obrotową. Energia kinetyczna jest przekształcana z powrotem poprzez spowolnienie koła zamachowego. Podczas ładowania (absorpcji) energii, koło zamachowe silnika działa jak obciążenie i pobiera moc z sieci do przyspieszania wirnika do większej prędkości. Podczas rozładowania, silnik pracuje w trybie generatora, a energia bezwładności wirnika napędza generator wytwarzający energię, wstrzykując ją z powrotem do sieci.

Magazyny mogą być połączone wielokrotnie ze sobą umożliwiając wchłonięcie i dostarczenie do kilkuset megawatów energii, zapewniając szybko reagujący układ i możliwości regulacji częstotliwości w celu podniesienia niezawodności sieci.

Do magazynowania energii elektrycznej może służyć kondensator.

Najnowszymi elementami magazynującymi energię elektryczną są superkondensatory, które posiadają dużą pojemność, mogą przyjmować i generować bardzo duże prądy (kilką kA) oraz charakteryzują się bardzo dużą żywotnością – stwarza to duże perspektywy ich współpracy z odnawialnymi źródłami energii. W ostatnich latach rozwinięto dwa rodzaje konstrukcji superkondensatorów: zwijane oraz składane. Różnice w ich budowie przedstawia rysunek nr 6.

Superkondensatory składane mają mniejszą gęstość energii niż superkondensatory zwijane, ale znacznie większą moc czyli możliwość pracy z wielkimi prądami oraz niskie straty. Produkowane jest wiele modeli superkondensatorów składanych na różne napięcia od 14V do 700V, w tym modele wysokonapięciowe na napięcie od 300V do 700V. Stwarza to możliwość szerokiego ich zastosowania w energetyce.

Zasada działania superkondensatora opiera się na wykorzystaniu zjawiska podwójnej warstwy Helmholtza, która stanowi obszar na granicy dwóch

faz odznaczający się statystycznie nierównomiernym rozmieszczeniem elektronów lub jonów w obu fazach. Elektryczna warstwa podwójna powstaje np. na powierzchni elektrody zanurzonej w elektrolicie, z elektronów zgromadzonych w elektrodzie i jonów z roztworu zgromadzonych na jej powierzchni. Elektryczna warstwa podwójna wpływa na przebieg procesów elektrochemicznych. Jej działanie można porównać do umieszczenia kondensatora na powierzchni elektrody. Wykorzystanie tego zjawiska pozwala osiągnąć dużą powierzchnię styku materiał + elektrolit, a to umożliwia osiągnięcie pojemności 2000 F/g.



Rys. 6. Przekrój superkondensatora o konstrukcji płaskiej i zwijanej.

Systemy z bateriami akumulatorów dają możliwość użytkowania stacjonarnego (istnieje jednostka o wadze 1500 t i mocy 46 MW oddawanej w czasie 5 min) oraz użytkowania mobilnego. Baterie współczesne osiągają gęstość energii dochodzącą do 648 MJ/m³.

Wodór jako podstawowe paliwo do ogniw paliwowych stwarza pewne problemy z jego otrzymywaniem, transportem i magazynowaniem. Ale w miarę postępu technologicznego wodór może stać się jednym z podstawowych źródeł pierwotnych do wytwarzania energii elektrycznej w systemach rozproszonych i oczywiście do zasilania pojazdów z napędem elektrycznym.

Wnioski

W dobie rozwoju wytwarzania energii elektrycznej w oparciu o źródła odnawialne oraz uwzględniając krzywą dobowego obciążenia KSEE na pewno zastosowanie zasobników energii przyniesie olbrzymie korzyści zarówno dla przedsiębiorstw wytwarzających energię elektryczną, spółek przesyłowych i dystrybucyjnych, jak i dla odbiorców. Przede wszystkim złagodzeniu ulegnie krzywa obciążenia dobowego, zmale-

ją straty przesyłowe, zwiększy się niezawodność dostaw energii elektrycznej. Poza tym w stanach awaryjnych odpowiednio dobrane zasobniki mogą pełnić rolę źródeł interwencyjnych w odpowiednio długim czasie przyczyniając się tym samym do poprawy bezpieczeństwa zasilania.

Należy jednak zwrócić uwagę na fakt, że moc oddawana z magazynów może znacznie różnić się od mocy dostarczanej w okresie ładowania, dlatego też powinno dokładnie zbadać wpływ magazynów na pracę sieci zarówno w okresie ładowania, jak i w okresie pracy źródłowej. O ostatecznym doborze rodzajów magazynów, ich liczby, stopniu rozproszenia, miejscu za instalowania powinna zdecydować odpowiednia analiza techniczno-ekonomiczna.

Literatura

1. Baranek A.: *Zasobniki energii*. „Wiadomości Elektrotechniczne”, nr 7-6, 2004,
2. Hajdrowski K.: *Magazynowanie energii elektrycznej*. „Energia Elektryczna”, nr 11 (2012),
3. Kacejko P.: *Generacja rozproszona w systemie elektroenergetycznym*. Lublin 2004,
4. Paska J., Sałek M., Surma T.: *Wytwarzanie rozproszone energii elektrycznej i ciepła*. „Wiadomości Elektrotechniczne”, nr 12 (2005),
5. Paska J., Kłos M.: *Techniczne i ekonomiczne aspekty magazynowania energii dla poprawy efektywności wykorzystania OZE na przykładzie elektrowni wiatrowych*. XIV Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Aktualne Problemy w Elektroenergetyce”, Gdańsk - Jurata, 3-5 czerwca 2009, Tom, IV,
6. Rosołowski E.: *Automatyka zabezpieczeniowa układów generacji rozproszonej*. „Wiadomości Elektrotechniczne”, nr 3 (2004),
7. Sedler B., Iwaszkiewicz J.: *Superkondensatory – magazyny energii elektrycznej*.
8. Sikora R., Zeńczak M.: *Magazynowanie energii elektrycznej w systemie elektroenergetycznym*. „Nowy Przemysł” nr 5 (2012)
9. www.pse-operator.pl

Inż. Marek Iwanicki
Olmex S.A. Wójtowo