

Wstęp do systemów magazynowania energii dedykowanych dla energetyki

Słowa kluczowe: magazyn energii, bateria przepływowa, przekształtnik dwukierunkowy AC/DC

Ewolucja systemów elektroenergetycznych w kierunku sieci inteligentnych stawia coraz nowsze wyzwania przed rynkiem energetyki. Integracja dużej ilości OZE, realizacja klastrów energii i systemów wyspowych, poprawa warunków funkcjonowania istniejących sieci i wiele innych procesów stwarzają kolejne techniczne wyzwania dla uczestników rynku. Uważa się, że wiele z nich może znaleźć rozwiązanie przez instalację systemów magazynowania energii elektrycznej odpowiednio współpracujących z siecią. Ich zadania mogą być różne, od dynamicznej regulacji napięcia lub częstotliwości do długoterminowego bilansowania energii.

Obecnie za jakość i niezawodność dostaw energii elektrycznej odpowiedzialni są OSD. Dlatego stanowią oni w Polsce grupę najbardziej zmotywowaną do instalacji magazynów energii. OSD podejmują już próby poprawienia warunków funkcjonowania sieci dystrybucyjnych przy pomocy magazynów energii - należy wspomnieć choćby o dwóch projektach dofinansowanych w 2017 roku z programu sektorowego PBSE prowadzonego przez NCBiR.

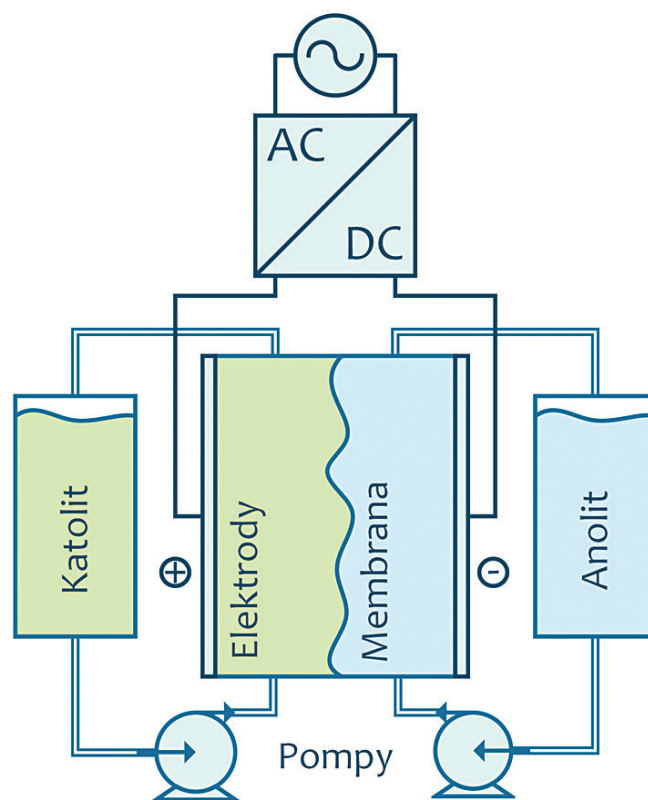
Należy także wspomnieć, że nowe ramy prawne i ekonomiczne, regulujące funkcjonowanie magazynów energii na rynku, stwarza rynek mocy. Zgodnie z regulaminem rynku mocy certyfikację mogą uzyskać jednostki zdolne dostarczać moc "przez nieprzerwany okres nie krótszy niż 4 godziny" [1]. Dzięki temu systemy z dobrze dobranymi magazynami energii mogą uzyskiwać dodatkowe przychody. Instalacje z magazynami energii są także odpowiednio dopasowane do realizacji usług reakcji strony popytowej (ang. DSR).

Baterie elektrochemiczne jako magazyny energii

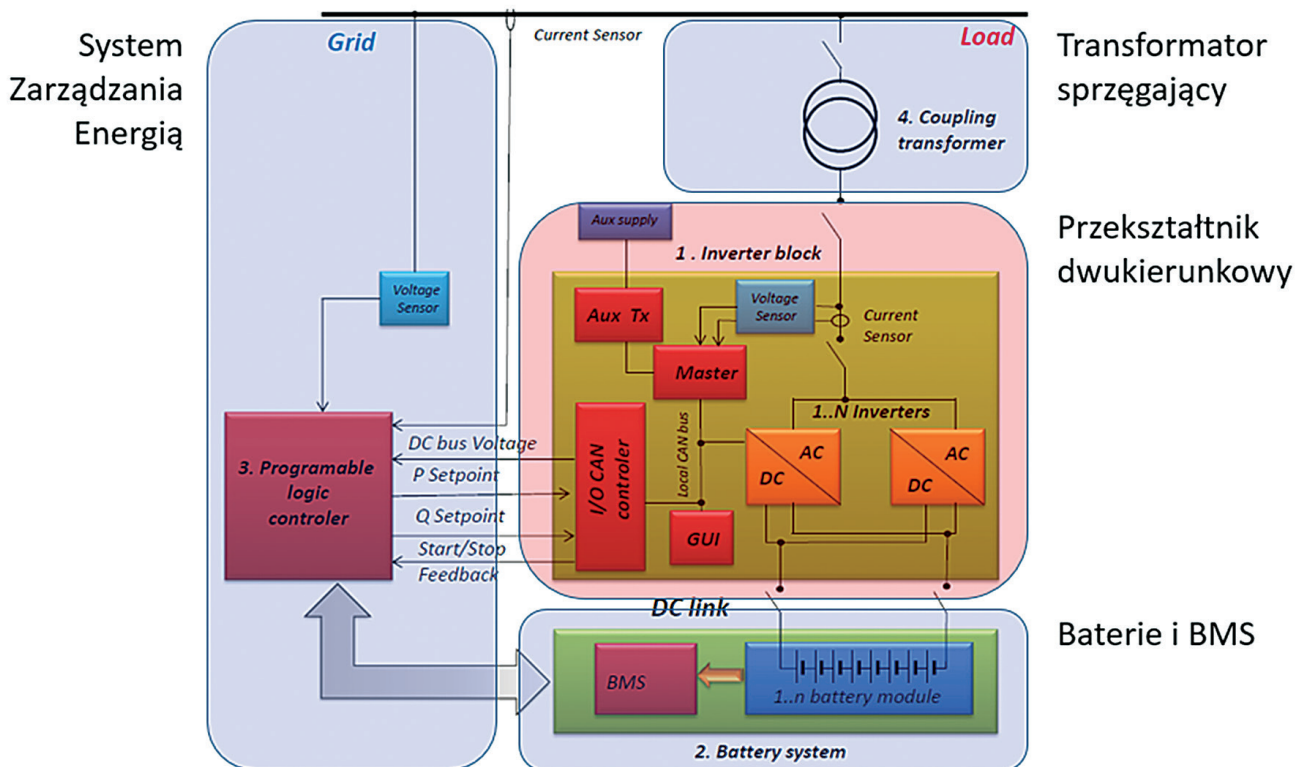
Rozwój technologii bateryjnych związany jest w dużej mierze z rynkiem urządzeń mobilnych, a w ostatnich latach także pojazdów elektrycznych. Kluczowym parametrem dla tych zastosowań jest gęstość mocy i energii. Doprowadziło to do zdominowania rynku przez baterie litowo-jonowe. Obecnie można

także zaobserwować ekspansję baterii litowo-jonowych na rynku magazynowania energii. Sztandarowym przykładem jest firma Tesla, której oferta obejmuje systemy od skali gospodarstw domowych (produkt Powerwall 7kWh)

po wielkie instalacje sieciowe (w 2017 roku oddała do użytku w Australii instalację 100MW/129MWh). Spektakularne sukcesy firmy pozwalają spojrzeć na baterie litowo-jonowe jako panaceum na problemy energetyki.



Rys. 1. Schemat blokowy magazynu energii z baterią przepływową



Rys. 2. Schemat blokowy układu przetwarzania energii

Ale czy tak jest w rzeczywistości? Zastosowanie baterii jako magazynów energii w systemie elektroenergetycznym wymaga każdorazowego zdefiniowania wymagań. Do najważniejszych kryteriów należą:

- moc P [kW], pojemność (energia) E [kWh], stosunek E/P określający czas ładowania/rozładowania z pełną mocą [h];
- koszt początkowy oraz eksploatacji (OPEX/CAPEX);
- sprawność (koszt utraconej energii);
- żywotność mierzona w liczbie pełnych cykli pracy oraz w latach;
- bezpieczeństwo pracy;
- recycling.

Dobierając technologię wykonania magazynu, należy w pierwszej kolejności zdefiniować reżim pracy i podstawowe wymagania, a następnie uwzględnić powyższe czynniki oraz specjalne wymagania. Można zauważyć, że na powyższej liście nie pojawia się parametr gęstości mocy i energii. W większości zastosowań stacjonarnych ma on jednak marginalne znaczenie.

W energetyce do tej pory zastosowanie znalazły następujące technologie [2]:

- akumulatory kwasowo-ołowiowe - stosunkowo tania technologia, jednak ze względu na niską liczbę cykli znajduje zastosowanie jedynie do pracy buforowej np. w zasilaczach UPS;

- superkondensatory - układy o bardzo dużej gęstości mocy, ale niskiej energii i prawie nieograniczonej liczbie cykli, znajdują zastosowanie do poprawy jakości energii, np. kompensacji udarów mocy w sieciach trakcyjnych;
- baterie litowo-jonowe - systemy stosunku E/P zbliżonym do 1 i żywotności kilku tysięcy cykli, dotychczasowe zastosowania sieciowe obejmują m.in. regulację pierwotną i krótkoterminowe bilansowanie energii.

Do dyspozycji jest wiele innych technologii, choć zazwyczaj ich zastosowania nie wykraczają poza instalacje pilotażowe. Tu warto zwrócić uwagę na baterie przepływowo [3]. Są one szczególnie ciekawe, ponieważ ich cechy pozwalają na pracę w reżimie pracy zbliżonym do elektrowni szczytowo-pompowych, co dla innych technologii stanowi duże wyzwanie. W bateriach przepływowych materiał czynny elektrod zastąpiony jest przez elektrolit, który może być składowany w zewnętrznych zbiornikach (Rys. 1). Pozwala to na dowolne skalowanie pojemności baterii i uzyskiwanie wysokich wartości E/P. Technologia, choć mało znana, jest już dojrzała i sprawdzona w licznych wielkoskalowych instalacjach. Do zalet baterii przepływowych w stosunku do litowo-jonowych należy przede wszystkim

większa żywotność (ponad 20 000 cykli bez utraty pojemności) oraz bezpieczeństwo (nie stanowią zagrożenia pożarowego) [4].

Największa tego typu instalacja powstaje obecnie w prowincji Dalian w Chinach - jej pojemność wynosi 800 MWh, a moc 200 MW odpowiada jednej z czterech turbin w elektrowni szczytowo-pompowej Żarnowiec. Należy przy tym zauważyć, że lokalizacja magazynu bateryjnego nie jest uzależniona geograficznie, a instalacje takie mogą wspomagać sieć elektroenergetyczną tam, gdzie najbardziej tego potrzeba.

Rola przekształtnika

Baterie elektrochemiczne stanowią źródło napięcia stałego. Do sieci elektroenergetycznej włączane są za pośrednictwem dwukierunkowego przekształtnika energoelektronicznego AC/DC jak przedstawiono na Rys. 2 [5]. O ile o parametrach E i P decyduje przede wszystkim bateria, o tyle funkcjonalność magazynu energii i jego rola w systemie elektroenergetycznym uzależniona jest w większości od przekształtnika dwukierunkowego AC/DC. To on odpowiada za realizację zadanego programu poprzez regulację wartości chwilowych mocy czynnej i biernej oraz za czas odpowiedzi na sygnały sterujące. Należy podkreślić, że prze-



Rys. 3. System magazynowania energii APStorage z baterią litowo-jonową w zabudowie szafowej

kształtnik może być także źródłem mocy biernej, zatem oprócz bilansowania mocy czynnej magazyn energii może uczestniczyć w regulacji napięcia, czy kompensacji mocy biernej. Za realizację zadanego trybu pracy odpowiada sterownik. Umożliwia pracę w trybie automatycznym oraz trybie zadawania zdalnego lub lokalnego. Szczegółowy sposób regulacji zależy od roli, jaką magazyn ma pełnić w sieci. Do funkcji, jakie może realizować, należą: lokalna kontrola i stabilizacja napięcia, poprawa jakości energii, wygładzanie szczytów (ograniczenie mocy szczytowej i niwelacja zapadów), ograniczanie strat przesyłowych, kompensacja mocy biernej, zapewnienie lokalnej pracy wyspowej i bilansowanie mikrosieci. Każde z zastosowań magazynu wymaga odpowiedniego doboru jego parametrów oraz typu zastosowanych baterii. Sterownik jest także odpowiedzialny za komunikację z systemem nadzoru baterii (BMS) i zachowanie bezpiecznych warunków jego pracy.

Przekształtnik może współpracować w zasadzie z dowolną baterią elektrochemiczną, o ile zakres napięć stosu baterii odpowiada wartościom znamionowym napięcia DC przekształtnika. Przykładem rozwiązania magazynu zintegrowanego może być APStorage, zaprezentowany podczas targów Energetab 2017 i uhonorowany Złotym Medalem PGE Energia Odnawialna. Systemy magazynowania energii w zależności od rozmiaru zabudowywane

są w szafach (jak na Rys. 3), kontenerach lub dedykowanych podstacjach. Ze względu na niską gęstość energii system z baterią przepływową będzie z reguły większy od systemów wykorzystujących baterie litowo-jonowe. System jest skalowalny i może osiągać dowolne wybrane poziomy mocy i pojemności. System może pracować zarówno w systemach przyłączonych do sieci (on-grid) jak i wyspowych (off-grid).

Podsumowanie

Magazyny energii wydają się nieodłącznym elementem przebudowy systemu elektroenergetycznego w sieć inteligentną. Liczne instalacje pilotażowe wykazują ich przydatność w poprawie warunków funkcjonowania sieci od poprawy jakości energii do bilansowania energii w różnych skalach czasowych. Każde z tych zastosowań wymaga dobrania odpowiedniego typu zasobnika spośród dostępnych technologii przy ograniczeniach wynikających z ich kosztu i żywotności. W szczególności należy tutaj zwrócić uwagę na baterie przepływowe, które ze względu na swoje właściwości mogą okazać się bezkonkurencyjne w aplikacjach wymagających wielogodzinnej pracy z mocą znamionową. Cechą wspólną magazynów jest zastosowanie podobnych przekształtników energoelektronicznych. Są to zazwyczaj rozwiązania o skalowalnej mocy, powiększonej przez równoległe połączenie modułów. Różne funkcje, jakie magazyn realizuje dla sieci, są realizowane poprzez wybór odpowiedniego trybu pracy sterownika przekształtnika.

dr inż. Krzysztof Rafał,
Instytut Maszyn Przepływowych
Polskiej Akademii Nauk,
krafal@imp.gda.pl
dr inż. Paweł Grabowski,
APS Energia S.A.,
pawel.grabowski@apsenergia.pl

Literatura

- [1] Polskie Sieci Elektroenergetyczne, "Regulamin Rynku Mocy", wersja przekazana do konsultacji publicznych 19.01.2018
- [2] International Renewable Energy Agency, "Electricity Storage And Renewables: Costs And Markets To 2030", 2017
- [3] B. Li, J. Liu, "Progress and directions in low-cost redox-flow batteries for large-scale energy storage", National Science Review 4: 91–105, 2017
- [4] Energy Response Solutions, Inc. "Energy Storage System Safety: Comparing Vanadium Redox Flow and Lithium-Ion Based Systems", 2017
- [5] J. Świątek, P. Biczul, "Magazyny energii z akumulatorami chemicznymi, ich funkcje w systemie elektroenergetycznym", elektro.info 9/2017