

STRESZCZENIE ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

pt. „Badania elektrochemiczne na procesami starzenia w bateriach kwasowo-ołowiowych”

promotor: dr hab. inż. Maciej Siekierski
promotor pomocniczy: dr hab. inż. Piotr Biczal

Baterie kwasowo-ołowiowe są niezwykle ważnym elementem w systemach zasilania awaryjnego. W celu uzyskania wysokiego stopnia niezawodności tych systemów, potrzebne są metody diagnostyczne mogące określić poziom ich zużycia. A przy przekroczeniu określonego progu „stanu zdrowia” (State of Health) zasygnalizować operatorowi potrzebę ich wymiany. Niestety, obecny poziom wiedzy z zakresu modelowania baterii kwasowo-ołowiowych jest stosunkowo mały i fragmentaryczny. Istnieją co prawda pojedyncze modele zachowania się baterii ołowiowej w trakcie ładowania i rozładowania, jednakże brak jest możliwości ich zastosowania w charakterze rozwiązań praktycznych w systemach monitorowania „stanu zdrowia” baterii. Wiele z obecnie dostępnych rozwiązań opiera się na zasadzie tzw. „Black box” – braku powiązania specyficznych reakcji i procesów chemicznych zachodzących w bateriach z odpowiedziami prądowymi/napięciowymi baterii. Wiedza o specyficznych procesach starzenia zachodzących w użytkowanych bateriach stanowi ważną informację dla operatora. Pozwala ona, w celu zapobieżenia ew. awariom i przedłużenia okresu użytkowania baterii, dostosować warunki ładowania, temperaturę i ew. przeprowadzić zabiegi odwracające niektóre z tych procesów.

Rozprawa doktorska podejmuje temat diagnostyki baterii kwasowo-ołowiowych, próbując opisać modele starzenia i związać je ze specyficznymi odpowiedziami prądowymi/napięciowymi. Celem rozprawy jest wypracowanie szeregu modeli zmian starzeniowych w bateriach i metod diagnostycznych o zastosowaniu przemysłowym. Rozważane są w niej modele stworzone na podstawie badań rezystancji polaryzacyjnej, na podstawie pomiarów efektu coup de fouet i przy użyciu metod impedancyjnych. Ponadto poddane jest pod rozważanie szereg problemów pobocznych, takich jak: słuszność prezentowanych w literaturze przedmiotu modeli obwodów zastępczych baterii, wpływ konstrukcji baterii na szybkość jej starzenia w odniesieniu do ww. modeli, rozważenie przydatności obecnych technik pomiarowych pojemności baterii w stosunku do technik pomiarowych zaproponowanych w pracy doktorskiej, powiązanie mechanizmów reakcji w baterii kwasowo-ołowiowych z modelem i rewizja obecnie używanych technik pomiarowych pod względem skuteczności.

W Rozdziale I przedstawiono krótki zarys historii powstania baterii kwasowo-ołowiowych. Opisano również ich współczesne zastosowanie i przybliżony obecny stan wiedzy, jak również problemy związane z ich badaniem i eksploatacją. Jest to wstęp do przyszłych rozważań w następnych rozdziałach. Rozdział II opisuje szczegółowe aspekty konstrukcji, użytkowania, materiałów i procesów zachodzących w bateriach kwasowo-ołowiowych. Pierwsza część rozdziału opisuje materiały z których wykonane są poszczególne komponenty ogniw. Wyjaśnia wpływ specyficznych dodatków do elektrod jak też ich wpływ

na procesy zachodzące we wnętrzu ogniw. Dalej przedstawione są niektóre zagadnienia z zakresu elektrochemii baterii – reakcje elektrodowe i reakcje poboczne, które zachodzą podczas pracy baterii. Część tego rozdziału poświęcona jest również na zagadnienia z zakresu technik ładowania baterii i jej wpływu na stan jej zdrowia. Na koniec rozdziału znajduje się opis wszystkich procesów starzeniowych zachodzących w bateriach kwasowo-ołowiowych. Natomiast w Rozdziale III zawarte są informacje o obecnym stanie wiedzy z zakresu metod diagnostycznych baterii – zarówno stała i zmienna prądowych. W pierwszej części rozdziału zostają zdefiniowane pojęcia „State of Charge” i „State of Health”, po których opisane są niektóre z metod stałoprądowych polegających na różnie wykonywanym i najczęściej pośrednim pomiarze rezystancji wewnętrznej ogniw. Następnie omówione jest zjawisko „coup de fouet”. W końcowej części rozdziału znajduje się obszerny opis wybranych zagadnień zakresu impedancji. Ze względu na multidyscyplinarny aspekt tej pracy, opis ten został celowo poszerzony o zestaw podstawowych informacji z zakresu pomiaru impedancyjnego, pozwalający osobom nie będącym zaznajomionym z pewnym jego aspektami na zrozumienie jego idei. Ponadto w rozdziale opisane są obecne w widmach impedancyjnych tak zwane elementy dyfuzyjne jak również ich matematyczne przybliżenia w postaci obwodów zastępczych skonstruowanych z wykorzystaniem linii długich. W Rozdziale IV omówiony jest stan rozwiązań przemysłowych z zakresu użycia ogniw kwasowo-ołowiowych. Przybliżone są problemy wykorzystania prostowników do ładowania, systemów zarządzania bateriami (BMS), jak i możliwe zagrożenia wynikające z niewłaściwej eksploatacji baterii. Opisane są też zagadnienia związane z odsiarczaniem baterii w celu odzyskania utraconej pojemności.

Zakres pracy został przedstawiony w Rozdziale V, po którym w Rozdziale VI następuje opis poszczególnych algorytmów, eksperymentów i ich parametrów jak również metod analitycznych użytych do przeprowadzenia badań. Warto to wspomnieć że na zawarte w tej dysertacji wyniki i eksperymenty są efektem wielu wstępnych badań, które ze względu na objętość nie zostały uwzględnione.

W Rozdziale VII przedstawiono wyniki eksperymentów pogrupowane w cztery podrozdziały odpowiadającym specyficznym zjawiskom – jeden dotyczący rezystancji polaryzacyjnej, jeden dotyczący efektu coup de fouet, jeden dotyczący impedancji i ostatni dotyczący metody odsiarczania. W tej części pracy przedstawiono wstępne spostrzeżenia i tezy dotyczące zaobserwowanych zjawisk. Nakreślone wstępne zarysy modeli i ich zależności od sygnałów diagnostycznych.

W Rozdziale VIII znajduje się rozszerzona dyskusja wyników i spostrzeżeń z poprzedniego rozdziału. Pierwsza część podzielona jest na cztery części, każdy zajmujący się specyficznym zjawiskiem opisanym w poprzednim rozdziale. Następuje próba wypracowania złożonych modeli na podstawie przeanalizowanych danych i powiązania ich ze „stanem zdrowia baterii”. Ponadto w podrozdziale zajmującym się impedancją następuje dyskusja nad zastosowaniem dyfuzyjnego elementu Gerischera w układach zastępczych opisujących baterię kwasowo-ołowiową. W końcowej części rozdziału zawarto krótkie porównanie opisanych metod. W Rozdziale IX zawarto podsumowanie wniosków z poprzedniego rozdziału. Dodatkowo przedstawiono szereg przyszłych możliwych ścieżek badawczych, wynikających ze spostrzeżeń i wniosków wynikających z tej rozprawy, a także zrelacjonowano pokrótce dotychczasowe praktyczne aplikacje wypracowanych w trakcie prezentowanych badań modeli diagnostycznych.

Piotr Ryś