



Ćwiczenie

Badanie akumulatora kwasowo-ołowiowego

1. Uwagi wstępne

- **Nie zwierać baterii! Grozi to poparzeniem i ochlapaniem elektrolitem.**
- **Nie przechylać akumulatora i nie odkręcać korków. Grozi to poparzeniem elektrolitem.**
- Badany akumulator składa się z trzech ogniw. Jego napięcie znamionowe to 6 V.
- Ćwiczenie odbywa się w sali 302, klatka C GE.

2. Podstawowe wiadomości o akumulatorach kwasowo-ołowiowych

a) Cechy konstrukcyjne stosowanych w UPS'ach baterii akumulatorów

Akumulatory kwasowo ołowiowe są chemicznymi źródłami energii elektrycznej, w których zmagazynowana energia chemiczna może zostać zamieniona na elektryczną. Proces ten dla tych aplikacji musi być odwracalny (ogniwa „wtórne”). Z wszystkich typów akumulatorów rozwiązania ogniw kwasowo-ołowiowych mają zdecydowanie najniższy koszt produkcji amperogodziny i z tego powodu (pomimo wad: dużej masy, niskiej gęstości energii i kłopotliwej eksploatacji) nadal są najpowszechniej stosowane w UPS'ach.

b) Budowa akumulatora

Akumulator kwasowo-ołowiowy jest to ogniwo wtórne zbudowany z jednej lub wielu par elektrod. Elektroda dodatnia (anoda) zawiera dwutlenku ołowiu PbO_2 natomiast elektroda ujemna (katoda) jest to gąbczasty ołów Pb. Elektrody zanurzone są w roztworze kwasu siarkowego o stężeniu około 33%. Schemat akumulatora przedstawia rys. 1. Zasada działania akumulatora jest następująca. W wyniku powinowactwa chemicznego następuje w niewielkim stopniu rozpuszczanie się elektrod w otaczającym je roztworze i następuje przejście jonów z powierzchni elektrod do roztworu. W ten sposób na granicy fazy elektroda-roztwór występuje potencjał. Stwarza to możliwość przepływu swobodnych elektronów

między dwoma elektrodami oraz w konsekwencji zachodzenie reakcji utleniania (na powierzchni anody) i redukcji (na powierzchni katody). Sumarycznie na obu elektrodach występują następujące reakcje:



Reakcje ilościowo opisują prawa Faraday'a. Masa substancji, która ulega przemianie na elektrodzie podczas przepływu prądu przez elektrolit jest wprost proporcjonalna do ładunku elektrycznego. Stosunek mas substancji ulegających przemianom jest równych stosunkowi ich równowa\u017nik\u00f3w chemicznych. Ponadto podczas \u0142adowania oraz roz\u0142adowania w ogniwiu zachodz\u0105 dodatkowe reakcje:

- ewolucja tlenu i wodoru w nast\u0119pstwie elektrolitycznego rozk\u0142adu wody;



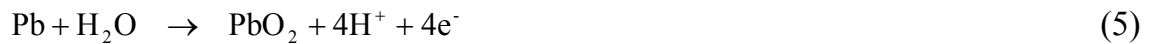
- emisja wodoru przy elektrodzie ujemnej;



- emisja tlenu przy elektrodzie dodatniej;



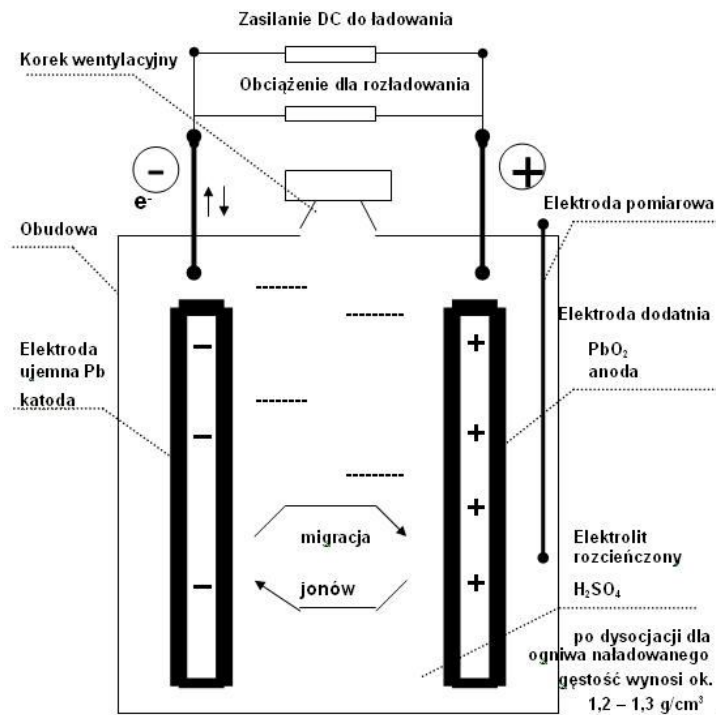
- korozja kratki wsporczej elektrody dodatniej;



- redukcja tlenu i samo uzupe\u0142nianie si\u0119 wod\u0105 ogniw. Proces ten wst\u0119puje nieznacznie w ogniwach klasycznych. Jest to natomiast podstawowy proces w akumulatorach VRLA z odgazowaniem przez zaw\u00f3r.



Podane powy\u017cej reakcje mi\u0119dzy innymi powoduj\u0105 starzenie i niszczenie element\u00f3w akumulatora oraz konieczno\u015b\u0107 uzupe\u0142niania poziomu elektrolitu wod\u0105 destylowan\u0105.



Rys. 1. Schemat akumulatora kwasowo-ołowiowego

3. Przegląd konstrukcji akumulatorów kwasowo ołowiowych dedykowanych dla UPS'ów

a) Konstrukcja dodatniej elektrody

Dla zapewnienia dużego wydatku prądowego w krótkim czasie dla aplikacji UPS najlepsze jest zastosowanie akumulatorów z dodatnią płytą pastowaną (oznaczenie według DIN „OGI”, BS „Flat”). Budowa płyty polega wprasowaniu materiału aktywnego na kratkę wsporczą. Jest to najtańsze rozwiązanie w produkcji. Ogniwa mają największy współczynnik koncentracji energii i możliwość dużych wydatków prądowych w krótkim czasie. Wadą ich jest krótka żywotność (8-15 lat), słaba odporność na cykle i pracę w ciężkim reżimie. Akumulatory można w pełni rozładować i ładować około 400-600 razy. Akumulatory z dodatnią płytą pastowaną stosujemy zwykle dla rozwiązań niecyklicznych.

Pojawiły się też znaczące wady tej konstrukcji. Akumulatory VRLA mają niższą żywotność (około 3-5 lat) niż ich klasyczne odpowiedniki, wymagają bardziej szczegółowych, częstszych czynności eksploatacyjnych, mają większą awaryjność (mniejszą odporność na zaniedbanie eksploatacyjne), wykazują brak jednorodności wewnętrznej baterii (szczególnie żelowe), praca akumulatorów w podwyższonej temperaturze kończy się skróceniem ich żywotności (to dotyczy szczególnie AGM) itp. Ponadto tego typu akumulatory zbyt szybko zostały wprowadzone na rynek, co skutkowało seriami wadliwych konstrukcji i awariami na obiektach. Wszystko to spowodowało zniechęcenie eksploatorów do tej technologii oraz tym, że zalecane jest zastąpienie (tam gdzie jest to możliwe) typów VRLA przez ich klasyczne odpowiedniki. Jeżeli jednak użytkownik zastosuje

je akumulatory VRLA ważne jest zwrócenie uwagi na to, jaka jest wymagana żywotność. Opisuje to EUROBATT klasyfikując przewidywane okresy żywotności w grupach:

- 3-5 lat – „*Standard Commercial*” – Grupa akumulatorów dla mało ważnych zastosowań.
- 6-9 lat – „*General Purpose*” – Ta grupa akumulatorów jest zwykle używana kiedy jest wymagana lepsza żywotność w porównaniu do produktu „*Standard Commercial*” oraz w przypadkach, gdy są wyższe wymagania co do warunków eksploatacji.
- 10-12 lat – „*High Performance*” – Ta grupa akumulatorów powinna być użyta, gdy wymagana jest wysoka moc, długa żywotność i wysoki standard bezpieczeństwa.
- 12 lat i więcej – „*Long Life*” – Ta grupa akumulatorów powinna być użyta, gdy wymagana jest najwyższa żywotność i najwyższy standard bezpieczeństwa.

b) Akumulatory klasyczne, z ograniczoną obsługą

Należy pamiętać, że zastosowanie baterii klasycznych wprowadza konieczność przygotowania pomieszczeń, to z drugiej strony kusi wysoka niezawodność akumulatorów klasycznych oraz ich odporność na rzadkie okresy eksploatacji oraz pracę w ciężkim reżimie. Baterie klasyczne można zainstalować na dwa sposoby:

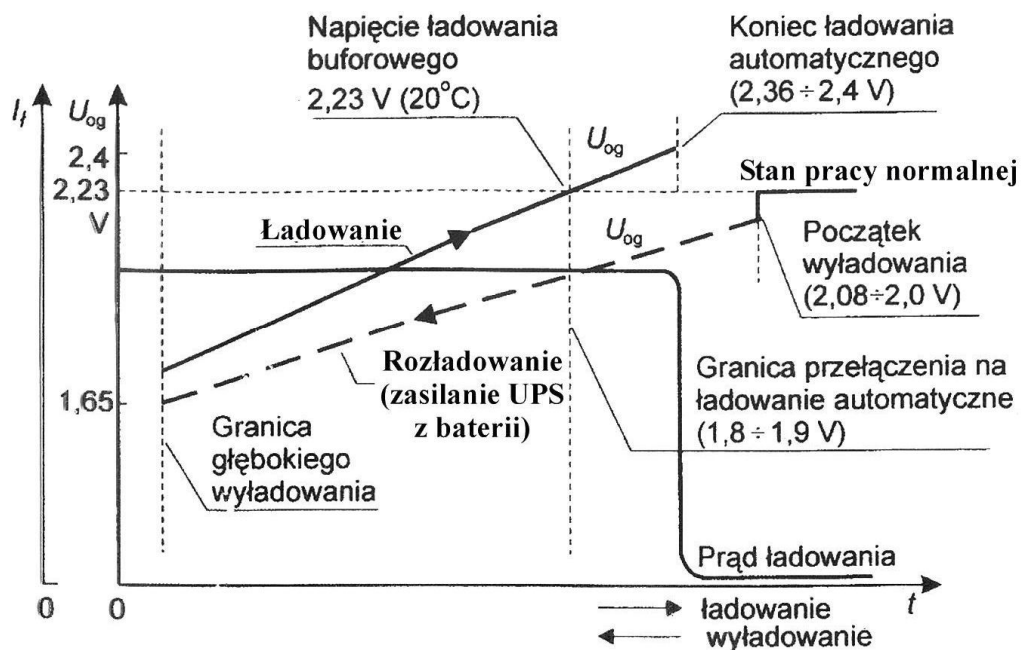
- wydzielić pomieszczenie – akumulatorownię;
- jeżeli nie ma takiej możliwości, to baterię można ustawić w kuwetach. Jednakże w takim przypadku bateria musi mieć ograniczone gazowanie (na przykład stop ołowiu bezantymonowego lub zewnętrzny system rekombinacji gazu) i dobraną wentylację zgodnie z normą EN 50272-2, która dopuszcza taką instalację.

4. Ładowanie baterii dla zapewnienia niezawodności

Akumulatory (dotyczy to obu technologii, czyli klasycznych z odgazowaniem swobodnym i VRLA z odgazowaniem przez zawór) wymagają nowoczesnych systemów zasilających, w pełni zautomatyzowanych, gwarantujących szybkie pełne naładowanie eksploatowanych baterii. Prostownik bateryjny powinien zapewnić:

- niską zawartość składowej zmiennej w prądzie ładowania – zawartość pulsacji napięcia o wartości między szczytowej na poziomie większym niż 2,5% może doprowadzić do zniszczenia ogniw; optymalnie pulsacje nie powinny przekraczać 0,5% do 1%; podczas trybu pracy buforowej powinna występować automatyczna kompensacja termiczna napięcia ładowania;

- przypadku testowego lub awaryjnego rozładowania baterii prostowniki powinny automatycznie, jak najszybciej naładować akumulatory; nie powinno się dopuszczać do przejścia do fazy ładowania buforowego niedostatecznie naładowanej baterii; zalecana, idealna charakterystyka ładowania powinna być następująca: „ $I_1 U_w I_2 U_b$ ”, gdzie występują fazy ładowania:
 - I_1 – ładowanie stałym prądem, najlepiej prądem 10-godzinnym $0,1 C_{10}$;
 - U_w – ładowanie stałym napięciem podwyższonym powyżej progu $2.30 - 2.35 V/ogn.$;
 - I_2 – doładowanie stałym prądem na poziomie 10-20% prądu 10-godzinnego $0,01-0,02 C_{10}$ (szczególnie faza ta jest zalecana dla baterii akumulatorów, w których w szeregowo połączonych ogniwach występuje niejednorodna polaryzacja dodatnich i ujemnych elektrod, w innym przypadku można ją pominąć);
 - U_b – ładowanie stałym napięciem buforowania;



Rys. 2. Charakterystyka ładowania baterii

- pomiędzy każdą z wyżej opisanych faz ładowania powinno nastąpić automatyczne przejście albo wymuszone kryterium czasowym lub prądowo-napięciowym.
- powinna być sprawdzana ciągłość obwodu baterii (nie jest to opcja konieczna).

5. Zasady obsługi akumulatorów (szczególnie VRLA)

a) co sześć miesięcy

- Sprawdzić wizualnie czy jest są uszkodzenia, naloty, wycieki.
- Przeprowadzić pomiar napięcia buforowego na biegunach baterii oraz na każdym ogniwie.
- Sprawdzić temperaturę w pomieszczeniu baterii i odnieść ją do napięcia ładowania.

b) raz na rok (lub dodatkowo w razie konieczności)

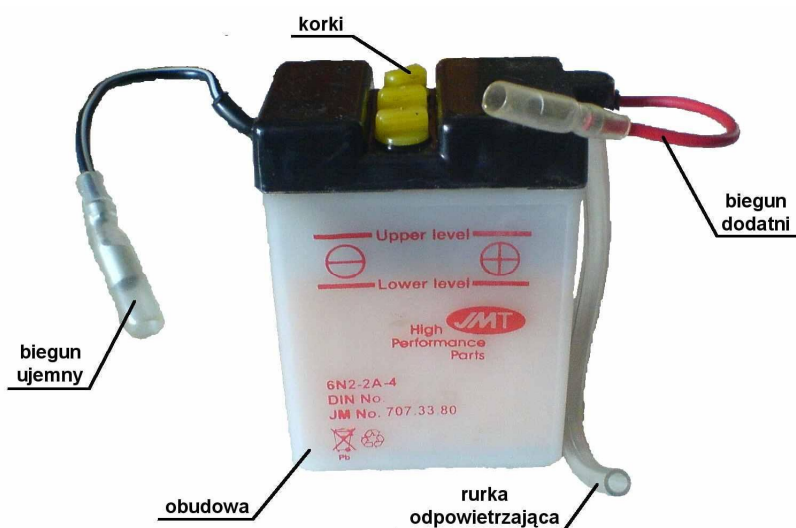
- Wszystkie pomiary z cyklu półrocznego.
- Wykonać ładowanie wyrównawcze. Ładowanie takie możemy przeprowadzać nawet 4-5 razy w roku. Baterie ładujemy stałym napięciem do 2,35 – 2,40 V/ogn., prądem ograniczonym do 0,1 C₁₀ (tj. 10% pojemności 10-godzinnej). Ładowanie wyrównawcze należy zakończyć po upływie 48 – 96 godzin. Nie należy ładować ogniw, jeżeli na poszczególnych blokach rozrzut napięć jest tak duży, że napięcia jednostkowe przekraczają 2,50 V/ogn. Takie ogniwa pracują powyżej napięcia gazowania.
- Jeżeli to możliwe, przeprowadzić test rozładowczy (pomiar pojemności) baterii (uwaga: test rozładowczy zastępuje ładowanie wyrównawcze). W UPS'ach można na początku sprawdzić pojemność co 2 lata np. takie dwa testy, a potem co rok. Jeżeli są dwie gałęzie równoległe wskazane jest robić test tylko jednej gałęzi, a pojemność drugiej można uzyskać z analizy rozkładu prądu ładowania buforowego każdej z gałęzi. $C_k = (I_k / \sum I) \cdot \sum C$. Jeżeli prąd buforowy jednej gałęzi równoległej wynosi 5 A, prąd buforowania drugiej gałęzi jest 4.5 A, to z tego wynika, że: pojemność pierwszej gałęzi to: $5/9,5 = 53\%$ całości, pojemność drugiej to: $4,5/9,5 = 47\%$ całości.

6. Wykonanie ćwiczenia

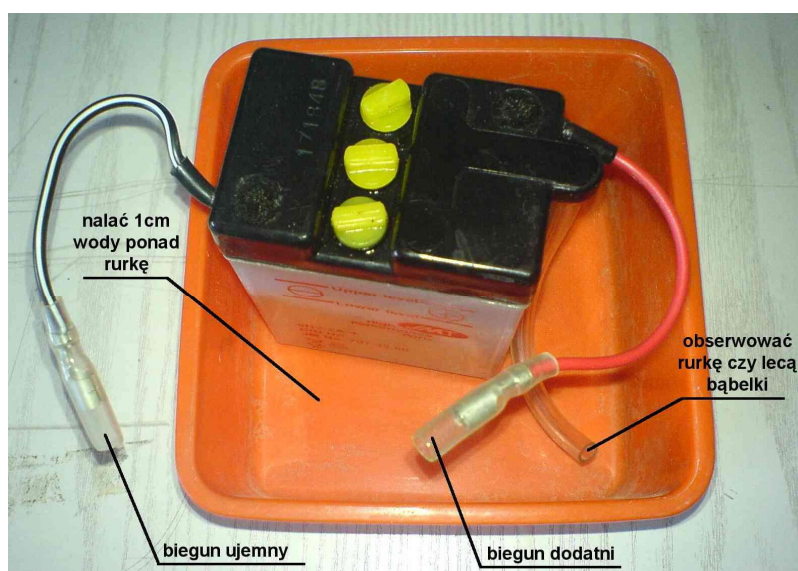
Ćwiczenie należy wykonywać po kolei według instrukcji. Należy zapoznać się z zagadnieniem przed przystąpieniem do ćwiczenia.

a) Środki bezpieczeństwa

- Badany akumulator (rys. 3) postawić w plastikowej kuwecie.
- Ułożyć rurkę odpowietrzającą płasko na dnie.
- Nalać wodę na tacę tak, aby rurka cały czas była dobrze zalana wodą (rys. 4).
- Uważać i nie rozlewać wody.



Rys. 3. Widok badanego akumulatora



Rys. 4. Widok ustawienia akumulatora

Badany akumulator składa się z trzech ogniw. Jego napięcie znamionowe to **6 V**. Nie pomylić się i nie podłączyć 12 V.

b) Cel ćwiczenia

Celem ćwiczenia jest zapoznanie się z charakterystykami ładowania baterii kwasowo-ołowiowej i próba wyznaczenia jej sprawności.

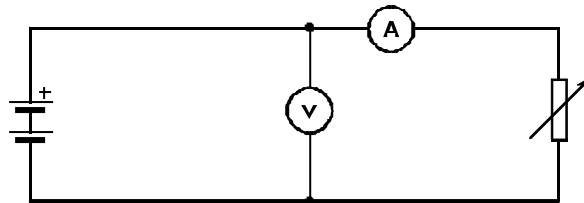
Ćwiczenie składa się z następujących etapów:

- rozładowanie,
- ładowanie,
- obliczenia.

c) Rozładowanie

Układ pomiarowy

Połączyć układ według schematu pokazanego na rys 5.



Rys. 5. Schemat układu pomiarowego

Wykonanie pomiarów

- W pierwszym wierszu tabeli zapisać napięcie jałowe akumulatora.
- Przy pomocy potencjometru P starać się utrzymywać stały prąd rozładowania 1,2 A. Co pół minuty notować czas, prąd i napięcie baterii. Pamiętać o zmianach zakresów mierników.
- Prowadzić rozładowanie do uzyskania napięcia na akumulatorze 1,6 V/ogn. (4,8 V) lub przez 30 minut.
- Rozłączyć układ.

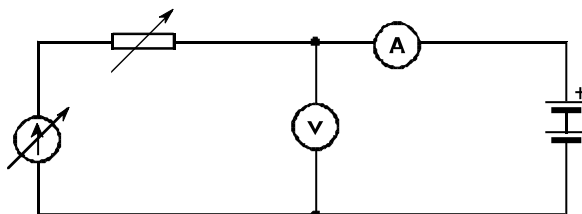
Tabela 1. Wzór tabeli pomiarów

L.p.	Rozładowanie				
	czas od rozpoczęcia pomiaru [s]	prąd pobierany z baterii [A]	zakres amperomierza [A]	napięcie baterii [V]	zakres woltomierza [V]
1					
2					
...					

d) Ładowanie

Układ pomiarowy

Połączyć układ według schematu pokazanego na rys 6.



Rys. 6. Schemat układu pomiarowego

Wykonanie pomiarów

- W pierwszym wierszu tabeli zapisać napięcie jałowe akumulatora.
- Przy pomocy pokręteł nastawiania napięć prostownika starać się utrzymać stały prąd ładowania 1,2 A.
- Co pół minuty notować czas, prąd i napięcie baterii. Pamiętać o zmianach zakresów mierników.
- Prowadzić ładowanie do uzyskania napięcia na akumulatorze 2,4 V/ogn (7,2 V) lub przez 35 minut.
- Obserwować rurkę odpowietrzającą. Zanotować napięcie gazowania.
- Następnie przejść na ładowanie stałym napięciem 2,23 V/ogn (6,69 V). Obserwować prąd ładowania.
- Rozłączyć układ.

Tabela 2. Wzór tabeli pomiarów

L.p.	Ładowanie				
	czas od rozpoczęcia pomiaru [s]	prąd ładowania baterii [A]	zakres amperomierza [A]	napięcie baterii [V]	zakres woltomierza [V]
1					
2					
...					

e) Obliczenia

W oparciu o pomiary i odpowiednie wzory (wzory wyszukać samemu) obliczyć:

- energię pobraną z baterii;
- energię dostarczoną do baterii;
- sprawność magazynowania.

7. Sprawozdanie

Sprawozdanie powinno zawierać:

- 1) Tabelę tytułową (nazwa i numer ćwiczenia, nazwiska i imiona wykonujących ćwiczenie, data wykonania ćwiczenia oraz data oddania sprawozdania);
- 2) Opis otwartego akumulatora kwasowo-ołowiowego;
- 3) Opis badanego akumulatora;
- 4) Opis i tabele pomiarów (w tym spis przyrządów)
- 5) Wykresy ładowania i rozładowania – i , u , $e = f(t)$
- 6) Obliczenia
- 7) Wnioski

Wykonać dwa wykresy – ładowania i rozładowania. Krzywe prądu, napięcia i energii umieścić na jednym wykresie. Na odpowiednim zaznaczyć napięcie gazowania. We wnioskach omówić zjawisko gazowania akumulatora kwasowo-ołowiowego oraz omówić, na podstawie pomiarów, problem ładowania i sprawności baterii otwartej.

8. Literatura

- [1] Dmowski A., Dzik T. „Zasilanie potrzeb własnych prądu stałego i przemiennego” Wiadomości Elektrotechniczne 6-2004
- [2] Dmowski A. „Energoelektroniczne układy zasilania prądem stałym w telekomunikacji i energetyce” WNT Warszawa 1998
- [3] Ozimek P., Świątek J. “Składowa zmienna w prądzie ładowania baterii akumulatorów” ElektroInfo 12-04
- [4] Świątek J. „Ewolucja technologii akumulatorów kwasowo-ołowiowych” Energetyka 4-2000
- [5] Świątek J. „Przegląd technologii akumulatorów kwasowo-ołowiowych” ElektroInfo 6-04