

Ćwiczenie 9 Bezobsługowy akumulator kwasowo-ołowiowy

wer. 1.5.2, 2016

opracowanie ćwiczenia: Tomasz Torzewicz, Łukasz Starzak

opracowanie układu pomiarowego: Bolesław Fijałkowski, Tomasz Torzewicz, Łukasz Starzak

Politechnika Łódzka, Katedra Mikroelektroniki i Technik Informatycznych

A. Układ pomiarowy

Obiekt badań

W ćwiczeniu badany jest bezobsługowy akumulator kwasowo-ołowiowy (VRLA) LC-R121R3PG. Jego karta katalogowa, która będzie potrzebna do opracowania wyników, jest dostępna w katalogu bloku `Y:\ELEMS\sf`.

Wykorzystywana jest ładowarka oparta na sterowniku UC3906.

Do pomiaru i rejestracji napięć i prądów należy wykorzystać mierniki PC510a, które komunikują się z komputerem poprzez interfejs USB i aplikację PC Link Plus. Ich konfiguracji należy dokonać w sposób opisany niżej, po połączeniu układu pomiarowego zgodnie z odpowiednimi instrukcjami zamieszczonymi w dalszej części niniejszej instrukcji.

Zestawienie obwodów

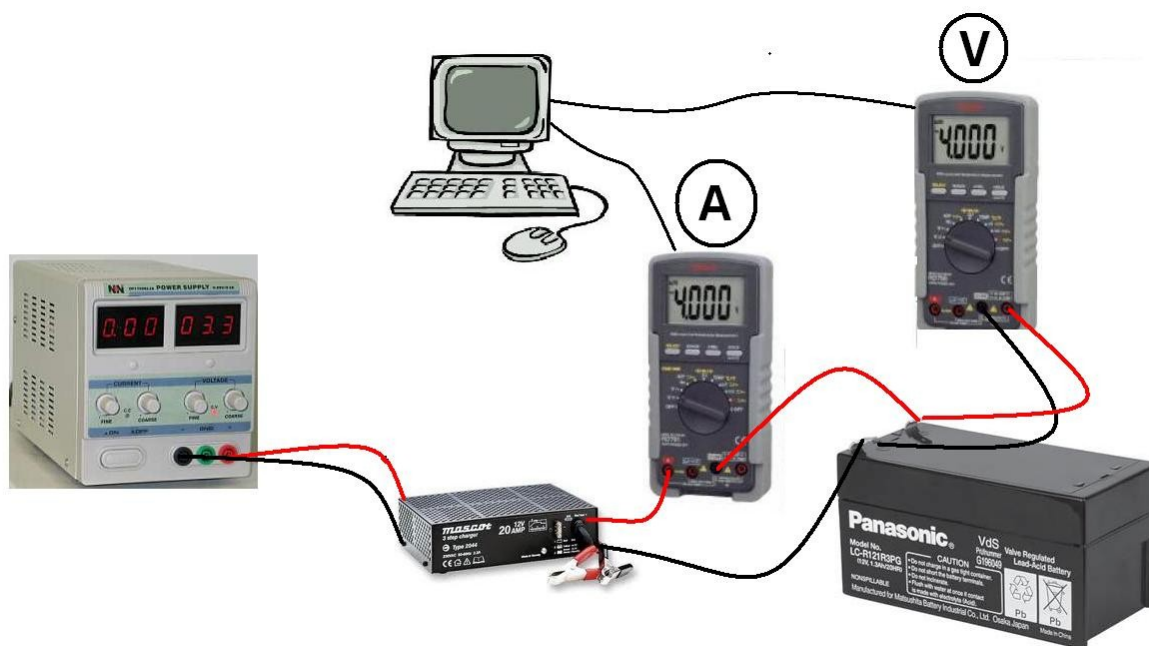
1. Zestawić układ pomiarowy umożliwiający rejestrację prądu i napięcia ładowania akumulatora zgodnie z rys. 1, przy czym w tej chwili nie zamykać jeszcze obwodu prądowego z akumulatorem. W szczególności:
 - w przypadku pomiaru prądu wykorzystać wejście multimetru o obciążalności 10 A;
 - mierniki włączyć zgodnie z rzeczywistym zwrotem napięcia i prądu.
2. Na zasilaczu ustawić prąd graniczny ok. 1,5 A (nie mniej), a następnie napięcie 18 V.
3. Zestawić układ pomiarowy umożliwiający rejestrację napięcia rozładowania akumulatora i kontrolę prądu rozładowania zgodnie z rys. 2, przy czym w tej chwili nie zamykać jeszcze obwodu prądowego z akumulatorem. Zastosować się do uwag podanych w pkt. 1.
4. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie połączeń.

Konfiguracja mierników

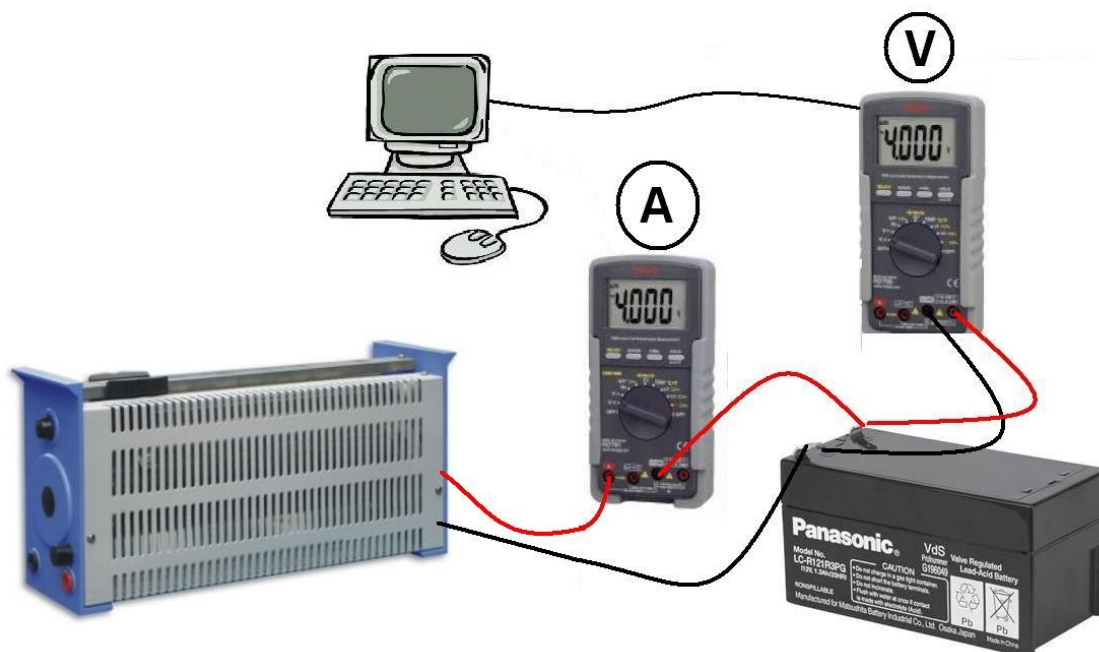
5. Trzy mierniki połączyć z komputerem poprzez gniazda USB z tyłu obudowy komputera. Czwarty miernik pozostawić niepołączony.
6. Z menu Start systemu Windows wybrać *Panel sterowania* ▶ *System* ▶ *Sprzęt* ▶ *Menedżer urządzeń* ▶ *Ports (COM & LPT)* i stwierdzić, pod jakimi numerami portów widziane są interfejsy mierników opisane jako *Sanwa PC Link System Cable*.
7. Uruchomić program PC Link Plus, ignorując wyświetlony komunikat o uprawnieniach użytkownika.
8. Z menu wybrać *Port* ▶ *Set*, zaznaczyć liczbę pierwszych kanałów równą liczbie mierników połączonych z komputerem i ustawić w nich:
 - *Port Number* – oznaczenie ustalone w pkt. 2,

- Model: PC500/510/520.

- Włączyć wszystkie mierniki ustawiając ich funkcje zgodnie z odpowiednim rysunkiem przedstawiającym układ pomiarowy.
- Wcisnąć przycisk *Start*, co powinno spowodować wyświetlenie w aplikacji wskazań mierników. W przeciwnym razie występuje błąd działania, połączenia lub konfiguracji.
- Wcisnąć *Stop*. Wprowadzić następujące ustawienia:
 - krok czasowy rejestracji danych 20 sekund – z menu wybrać *Interval* ▶ *Second* i wpisać 20;



Rys. 1. Układ pomiarowy do rejestracji przebiegów prądu i napięcia ładowania akumulatora



Rys. 2. Układ do rejestracji napięcia akumulatora podczas jego rozładowania stałym prądem

- b) w menu *Form*:
- wybrać format danych programu Excel – zaznaczyć pozycję *Excel*,
 - zapis czasu upływającego od rozpoczęcia pomiaru – zaznaczyć *Progress Time*,
 - pozostałe pozycje w dolnej części menu powinny być niezaznaczone;
- c) dostosować skalę osi Y do wartości występujących w mierzonych obwodach – w menu *Setting* wybrać:
- *Y Manual* i dla miernika napięcia wpisać zakres do 15 V od 0 V, a dla miernika prądu – do 1,5 A od 0 A,
 - *Y Division* ▶ *10 Division*.

B. Rejestracja przebiegu ładowania i rozładowania

Rozpoczęcie ładowania

1. Rozpocząć rejestrację wyników w aplikacji przyciskiem *Start* i poczekać na zarejestrowanie co najmniej 2 punktów pomiarowych.
2. Zamknąć obwód prądowy akumulatora. Początkowy prąd ładowania może być niewielki.
3. Ładowanie prowadzić do końca zajęć, przy czym nie krócej niż do czasu wejścia w tryb podładowywania przy obniżonym napięciu (względem zasadniczego trybu stałonapięciowego). Przełączenie do tego trybu następuje po spadku prądu ładowania do ok. 10% wartości dla zasadniczego trybu stałoprądowego. Po stwierdzeniu tego faktu należy przejść do pkt. 12.

Rozpoczęcie rozładowania

4. W oparciu o kartę katalogową akumulatora, ustalić parametry procesu rozładowania:
 - a) prąd rozładowania I_{dch} , który pozwoli na rozładowanie akumulatora w czasie pozostałym do końca zajęć z marginesem 15 min. na pomiar rezystancji wewnętrznej;
 - b) napięcie odcięcia U_{co} zalecane dla prądu o wartości I_{dch} .
5. Skonfigurować opornik nastawny:
 - a) sprawdzić, czy opornik posiada rezystancję i moc odpowiednie do przeprowadzenia rozładowania prądem I_{dch} od bieżącego napięcia na akumulatorze do napięcia U_{co} ;
 - b) tymczasowo wyłączyć jedną końcówkę opornika z obwodu i nastawić rezystancję, która pozwoli uzyskać prąd I_{dch} przy bieżącym napięciu na akumulatorze;
 - c) ponownie włączyć opornik w obwód.
6. Zamknąć obwód prądowy akumulatora i jak najszybciej skorygować nastawę opornika w celu uzyskania prądu I_{dch} .
7. Prowadzić rejestrację przebiegu rozładowania, co jakiś czas korygując nastawę opornika tak, by rozładowywanie odbywało się stałym prądem o wartości I_{dch} .
8. Rozładowanie prowadzić do chwili osiągnięcia napięcia odcięcia U_{co} . Po stwierdzeniu tego faktu należy przejść do pkt. 9.

Zakończenie rozładowania

9. Z chwilą osiągnięcia napięcia odcięcia U_{co} , rozłączyć obwód prądowy na amperomierzu, ale tak, by nie odłączyć woltomierza od akumulatora. Woltomierza nie należy też wyłączać ani odłączać od komputera.

10. Zaczekać na ustalenie się napięcia na akumulatorze.
11. Dokonać pomiaru rezystancji wewnętrznej rozładowanego akumulatora według procedury opisanej w części C niniejszej instrukcji. Po wykonaniu pomiaru nie należy rozłączać zbudowanego do tego celu obwodu (oprócz rozwarcia obwodu prądowego, o czym mowa w instrukcji).

Zakończenie ładowania

12. Po stwierdzeniu przejścia w tryb podładowania przy obniżonym napięciu, należy odczekać co najmniej 1 min., kontynuując rejestrację procesu.
13. Rozłączyć obwód prądowy przez odłączenie przewodu od jednego z gniazd wyjściowych ładowarki, zwracając uwagę, by nie odłączyć woltomierza od akumulatora. Mierników nie należy też wyłączać ani odłączać od komputera.
14. Wyłączyć zasilacz i odłączyć od niego ładowarkę.
15. Zaczekać na ustalenie się napięcia na akumulatorze.
16. Zaczekać na zakończenie procesu rozładowania, o ile jeszcze to nie nastąpiło.
17. Zatrzymać rejestrację wyników przyciskiem *Stop*.
18. Zapisać wyniki z menu *File* ▶ *Save As* wybierając format CSV.
19. Dokonać pomiaru rezystancji wewnętrznej naładowanego akumulatora według procedury opisanej w części C niniejszej instrukcji.

C. Pomiar rezystancji wewnętrznej akumulatora

W celu dokonania pomiaru, należy uprzednio zapoznać się z całą procedurą pomiarową, tj. uważnie i do końca przeczytać wszystkie poniższe punkty. Pomiar zostanie dokonany w obwodzie wykorzystanym wcześniej do rozładowania akumulatora.

Akumulator rozładowany

1. W układzie rozładowania pozostawić woltomierz podłączony do akumulatora, zaś obwód prądowy rozwartry aż do polecenia jego zamknięcia.
2. Zanotować napięcie rozwarcia akumulatora U_{oc} .
3. Korzystając z dotatkowego miernika (nie któregoś z obecnie używanych), ustawić (na razie nie włączać w układ) dotatkowy opornik nastawny o odpowiednio małej rezystancji – na wartość, która pozwoli na obciążenie akumulatora prądem o wartości ok. 5 CA, tj. ok. 100 I_{20} (gdzie CA – wartość w amperach równa liczbowo nominalnej pojemności akumulatora w amperogodzinach, I_{20} – prąd 20-godzinne rozładowania). Upewnić się, że prąd maksymalny opornika jest odpowiednio duży. Zapamiętać, między którymi zaciskami została ustawiona wymagana rezystancja.
4. Zastąpić opornik użyty w części B do rozładowania akumulatora opornikiem ustawionym w pkt. 3, nadal nie zamykając obwodu prądowego.
5. Poprosić prowadzącego o sprawdzenie połączeń.
6. Dokonać pomiaru napięcia i prądu akumulatora obciążonego dużym prądem:
 - a) sprawnie zamknąć obwód prądowy na nie dłużej niż 3 sek.;
 - b) zaraz po zamknięciu obwodu (nie czekając na ustalenie się wskazań, a tylko na pojawienie się wskazania prądu oczekiwanego rzędu) zamrozić jednocześnie (tj. w tej samej chwili) wskazania obu mierników przyciskami *Hold*;
 - c) natychmiast po zamrożeniu wskazań rozłączyć obwód prądowy;

- d) spisać wskazania mierników;
 - e) odmrozić mierniki.
7. Nie dokonywać dalszych zmian (w szczególności rozłączeń) w obwodzie.

Akumulator naładowany

8. Wymienić akumulator rozładowany na akumulator naładowany.
- Biorąc pod uwagę, że różnica między napięciem akumulatora naładowanego i rozładowanego nie jest duża, można pozostawić poprzednio nastawioną wartość opornika obciążającego.
9. Dokonać pomiaru jak w pkt. 6.
10. Wyłączyć akumulator z obwodu.
11. Wyłączyć mierniki i rozłączyć obwód.

D. Opracowanie wyników

1. Uzyskać wykresy charakterystyk czasowych ładowania i rozładowania:
- a) plik z zarejestrowanymi danymi otworzyć w arkuszu kalkulacyjnym;
 - b) rozdzielić dane dla ładowania i dla rozładowania;
 - c) wykreślić przebiegi napięcia i prądu podczas ładowania oraz napięcia podczas rozładowania;
 - d) dokonać odpowiedniego obciążenia początkowych i końcowych próbek czasowych dla procesu rozładowania i (w razie potrzeby) ładowania, tak by wykresy obejmowały czas bezpośrednio przed rozpoczęciem procesu, sam proces oraz czas bezpośrednio po zakończeniu procesu (do ustalenia się napięcia).
2. Przeanalizować zarejestrowane charakterystyki czasowe ładowania (łącznie napięciową i prądową, z uwzględnieniem współrzędnej czasowej):
- a) pod kątem faz procesu:
 - jakie fazy procesu ładowania można wyróżnić?
 - czym się charakteryzują te fazy pod względem napięcia i prądu (głównie nie pod względem wartości, tylko charakteru)?
 - czy kształt krzywych ładowania odpowiada zaleceniom producenta?
 - jaka jest rola lub korzyść z każdej z faz?
 - b) pod kątem parametrów liczbowych:
 - odczytać wartość prądu ładowania w fazie stałoprądowej (podstawowej) i w fazie wstępnej,
 - odczytać wartość napięcia ładowania w fazie stałonapięciowej (podstawowej),
 - porównać prąd fazy stałoprądowej, napięcie fazy stałonapięciowej i napięcie podładowania z zaleceniami producenta podanymi w karcie katalogowej,
 - porównać prąd ładowania wstępnej z prądem fazy stałoprądowej,
 - ustalić wartości progowe (prądu lub napięcia), które powodowały przejście do kolejnej fazy procesu ładowania;
 - c) pod kątem czasu trwania:
 - jak długo trwały poszczególne etapy?
 - ile czasu było niezbędne do osiągnięcia stanu akumulatora umożliwiającego rozpoczęcie standardowego ładowania?

- ile czasu było potrzebne do pełnego naładowania akumulatora? porównać z nominalną pojemnością akumulatora i prądem fazy stałoprądowej i skomentować wynik porównania.
3. Porównać napięcia akumulatora w stanie rozwarcia (przed podłączeniem ładowarki i po jej odłączeniu) z napięciami bezpośrednio po rozpoczęciu i przed zakończeniem ładowania (po podłączeniu ładowarki i przed jej odłączeniem). Z czego wynikają różnice?
 4. Opracować wyniki pomiaru rezystancji wewnętrznej akumulatora:
 - a) dla akumulatora naładowanego i rozładowanego, na podstawie pomiarów napięcia akumulatora nieobciążonego U_{oc} , napięcia akumulatora obciążonego prądem $5I_{20}$ (5 CA) U_n oraz zmierzonego prądu obciążenia I_L , obliczyć wartość rezystancji wewnętrznej akumulatora;
 - b) porównać odpowiednią wartość z wartością nominalną podaną w karcie katalogowej;
 - c) porównać drugą z wartości z powyższą – w jaki sposób rezystancja akumulatora zmienia się wraz ze stanem ładunku?
 5. Przeanalizować efektywność akumulatora:
 - a) dokonując całkowania numerycznego w arkuszu kalkulacyjnym, obliczyć:
 - ładunek Q_{ch} dostarczony do akumulatora w ramach standardowego ładowania (wyłącznie faza stałoprądowa i stałonapięciowa) oraz energię W_{ch} dostarczoną do niego w tym samym czasie,
 - ładunek Q_{dis} odebrany z akumulatora oraz energię W_{dis} dostarczoną do odbiornika w tym samym czasie,
 - ładunek dostarczony w fazie ładowania wstępnego Q_{pre} ,
 - ładunek dostarczony w fazie podładowywania Q_{float} ;
 - b) obliczyć sprawność ładunkową η_Q i energetyczną η_W akumulatora w danych warunkach i porównać je ze sobą;
 - c) czy ładunki Q_{pre} i Q_{float} są znaczące względem ładunku Q_{ch} ?
 6. Przeanalizować proces rozładowania:
 - a) porównać ładunek Q_{dis} z pojemnością akumulatora podaną w jego karcie katalogowej – nominalną oraz z uwzględnieniem rzeczywistych warunków rozładowania;
 - b) odnieść zmierzony czas rozładowania do odpowiednich danych katalogowych.