

## Laborator nr. 2

### Baterii de acumuloare utilizate pe autovehicule

#### 1. Scopul lucrării

Lucrarea de laborator are drept scop aprofundarea cunoștințelor teoretice prezentate la curs cu privire la diferitele tipuri de acumuloare electrice utilizate pe autovehicule, identificarea elementelor constructive ale acestora, a principalilor parametri și a diverselor caracteristici de funcționare.

#### 2. Noțiuni teoretice introductive

*Definiție:* O baterie de acumuloare reprezintă o sursă de energie electrică stocată sub formă de energie electrochimică.

Elementele de bază ale unei celule electrochimice, prezentată în Fig.1, sunt cei doi electrozi metalici (*anodul* și *catodul*) și *electrolitul*. Substanțele care participă la reacțiile electrochimice din baterie se numesc mase sau materii active și se regăsesc atât pe electrozi cât și în electrolit.

Bateria are doi electrozi:

- *Anodul* este electrodul unde are loc oxidarea iar electronii sunt deplasați dinspre celulă către circuitul exterior.
- *Catodul* este electrodul unde are loc reducerea iar electronii din circuitul exterior se întorc la celulă.

Cei doi electrozi sunt despărțiți spațial unii de alții, între ei existând un contact indirect în interiorul bateriei, prin intermediul electrolitului. *Electrolitul* are rolul de a asigura închiderea circuitului electric în interiorul celulei, prin transportul ionilor de la un electrod la altul.

Menționăm că din punct de vedere electrochimic, oxidarea reprezintă cedarea (eliberarea) de electroni iar reducerea reprezintă primirea (fixarea) electronilor. Dacă procesul de oxidare-reducere s-ar produce fără electrozi distanțați, schimbul de electroni ar fi un schimb în scurtcircuit și s-ar manifesta doar prin efect termic.

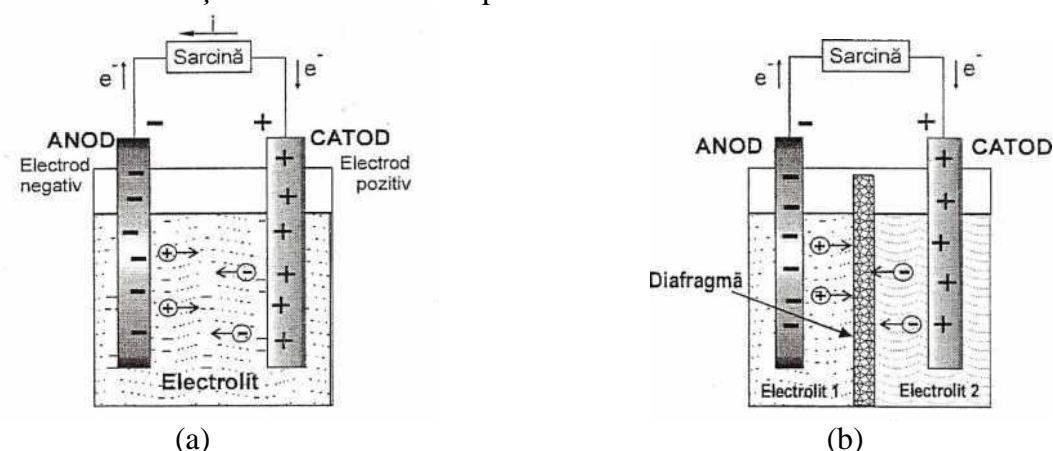


Fig. 1: Celule electrochimice cu (a) și fără diafragmă poroasă(b)

De notat că performanțele bateriei depind în mod deosebit de viteza reacțiilor chimice și de rezistența internă. *Tensiunea* [V] generată de către o celulă electrochimică depinde de elementele implicate în reacție, în timp ce *energia* [Wh] depinde de cantitatea și natura elementelor chimice componente. *Puterea* furnizată [W] depinde de diverși factori, printre care construcția celulei, elementele chimice, temperatura.

La *descărcarea bateriei*, Fig.2.a la bornele exterioare este conectată o sarcină (un consumator). Datorită diferenței de potențial dintre electrozi, în circuitul exterior apare o circulație de electroni, deci sarcina va fi parcursă de un curent electric continuu. În circuitul interior are loc deplasarea ionilor pozitivi către electrodul pozitiv (catod) și a ionilor negativi către electrodul negativ (anod). Tensiunea electrică la bornele bateriei scade în timp odată cu descărcarea.

La *încărcarea bateriei*, Fig.2.b la bornele exterioare este legată în opoziție o sursă de curent continuu. Dacă tensiunea sursei are cel puțin o valoare minimă (numită tensiune de încărcare) bateria va fi traversată de un curent în sens invers față de cel de descărcare având loc și inversarea sensului reacțiilor la cei doi electrozi: catodul devine anod, iar anodul devine catod. Astfel, utilizând energia exterioară, materiile active se refac până aproape de starea inițială, tensiunea pe baterie revenind la valoarea inițială stării de încărcare.

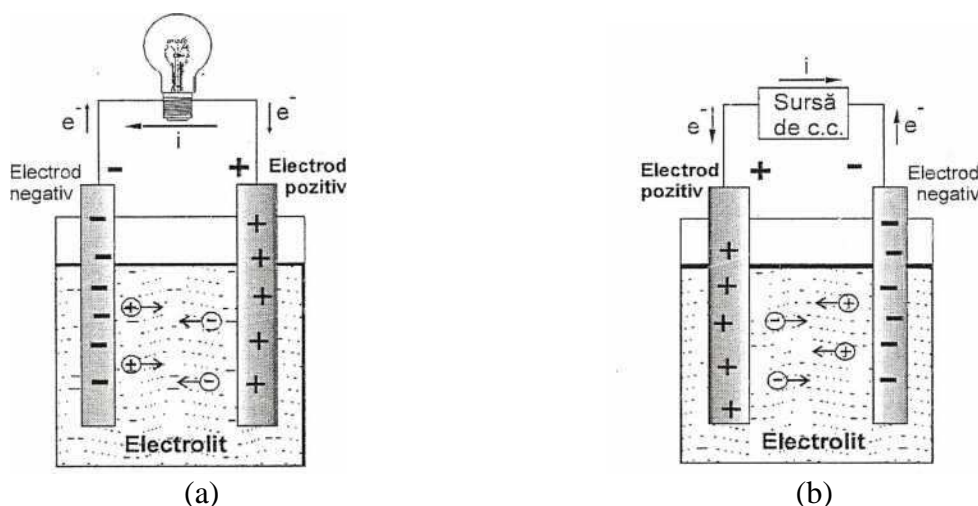


Fig. 2: Reacția chimică la descărcarea (a) și încărcarea (b) unei cellule electrochimice

Prin gruparea unui anumit număr de celule se pot obține baterii cu diverse tensiuni electrice  $U_h$  la bornele exterioare, în funcție de sarcinile alimentate.

În tabelul alăturat, în partea stângă se prezintă o serie de materiale folosite la bornele negative, cu proprietati negative și în partea dreapta bornele pozitive cu materialele cu proprietati pozitive, acestea fiind materiale folosite pentru electrozi, materiale ordonate după potențialul de electrod.

<b>Materiale la anod (Borne negative)</b>	<b>Materiale la catod (Borne pozitive)</b>
Litiu	Ferați
Magneziu	Oxid fier
Aluminiu	Oxid cupru
Zinc	Ioduri
Crom	Oxid Cupric
Fier	Oxid mercuric
Nichel	Oxid cobalt
Plumb	Dioxid de plumb
Hidrogen	Oxid de argint
Cupru	Oxigen
Argint	Oxihidroxid de nichel
Paladiu	Dioxid de nichel
Mercur	Peroxid de argint
Platina	Permanganat
Aur	Bromat

Principalele tipuri de baterii de acumuloare utilizate pe autovehiculele clasice sau moderne (hibride electrice) sunt:

- Baterii pe bază de plumb – acid,
- Baterii pe bază de litiu,
- Baterii pe bază de nichel-metal hibrid,
- Baterii nichel-cadmiu

### 3. Parametrii și caracteristicile de funcționare ale bateriilor de acumuloare

Datorită variațiilor condițiilor de funcționare ale bateriilor de acumuloare dar și din cauza influenței temperaturii asupra performanțelor acestora, este necesară o cunoaștere riguroasă a proprietăților caracteristice:

- **REZISTENȚA INTERNĂ:** reprezintă rezistența totală formată din rezistența ionică a electrolitului, rezistența electrozilor și rezistența contactelor metalice înseriate. Pe măsură ce bateria este încărcată rezistența internă scade pe când în timpul descărcării aceasta crește.
- **AMPERI-ORĂ:** Este cea mai comună metodă de măsură a capacității de stocare electrice a unei baterii, obținută prin integrarea curentului de descărcare pe durata unei perioade. Un amperoră este echivalent cu transferul unui curent de 1 amper în decursul unei ore, echivalentul unei sarcini de 3600 de coulombi.
- **CAPACITATEA ( $C_{Ah}$ )** – cantitatea de sarcini electrice stocate, măsurată convențional, prin produsul curent ( $I_d$  sau  $I_i$ ) x timp (h) într-un anumit regim de funcționare, până la limitele admisibile ale descărcării (sau încărcării):  $C_d = I_d \cdot t_d$  [Ah];  $C_i = I_i \cdot t_i$  [Ah].  
Capacitatea depinde de cantitatea de masă activă a plăcilor și de numărul lor (de fapt din întreaga masă activă doar 50-60% ia parte la reacțiile electrochimice rezultând coeficientul de utilizare a masei active). Capacitatea plăcilor (-) Pb spongios e mai mare decât a plăcilor (+) PbO<sub>2</sub>.  
Capacitatea bateriilor noi e mai mică, ea crește după câteva cicluri de încărcare-descărcare apoi scade pe măsură ce bateria se uzează (în principal datorită sulfatării). Capacitatea nominală ( $C_{20h}$ ) = produsul între valorile standard ale curentului [A] și timpului [h]. Capacitatea nominală se obține pentru un curent constant:  $I_d = 0.05 \cdot C_{20h}$  [A] care trebuie să descarce bateria în timpul  $t_d = 20h$  până la tensiunea de 1.75V pe element la  $\theta_{ref. \text{ electrolit}} = 25^\circ C$ . (Ex: BA 12V/45Ah:  $I_d = 0.05 \cdot 45 = 2.25A$ ;  $I_d \cdot t_d = 2.25 \cdot 20 = 45Ah$  sau 12V/55Ah:  $I_d = 0.05 \cdot 55 = 2.75A$ ;  $I_d \cdot t_d = 2.75 \cdot 20 = 55Ah$ ).
- **TENSIUNEA NOMINALĂ ( $U_N$ )** este determinată de numărul de elemente în serie (6V, 12V, 24V).
- **CAPACITATEA DE DESCĂRCARE RAPIDĂ** – caracterizează proprietățile bateriei din punct de vedere al pornirii electrice a motoarelor, la temperaturi scăzute:  $-18 \pm 1 [^\circ C]$ . Se descarcă bateria sub un anumit curent de descărcare.  $I_d = (3-3.5) \cdot C_{20h}$  [A] un timp  $t_d = 3min$ ; descărcarea se oprește când  $U_b = 6V$  (pt  $U_N = 12V$ ). (Ex: BA 12/45Ah:  $I_d = 135-157.5A$ ; 12/55Ah:  $I_d = 165-192.5A$ )
- **CURENTUL DE ÎNCĂRCARE ( $I_i$ )** = curentul pe care o baterie nouă, încărcată în prealabil, poate să-l absoarbă după ce a fost descărcată timp de 5h. cu un curent  $I_d = 0.1C_{20h}$  [A]. Acesta este curentul de încărcare al BA etapa I.
- **RANDAMENTUL BA** = raportul dintre cantitatea de electricitate cedată la descărcare față de cea primită la încărcare. Este:  $\eta_c = Ah \text{ cedat} \cdot 100 / Ah \text{ absorbiți} = 85-90\%$  funcție de capacitate, sau  $\eta_w = Wh \text{ cedat} \cdot 100 / Wh \text{ absorbiți} = 75-85\%$  funcție de energie. Randamentul scade dacă bateria de acumuloare se încarcă cu o tensiune mai

mare ca cea normală (supravoltat), dacă se descarcă sub limitele admisibile, dacă  $R_i$  este mai mare decât valorile normale.

- **AUTODESCĂRCAREA (S)** = pierderea capacității bateriei pe durata depozitării sau nefolosirii (STAS: max 20% în 28zile).  $S=(C-C') \cdot 100/C$  [%] unde C = capacitatea medie obținută în cursul a două descărcări inițiale [Ah] iar C' = capacitatea măsurată după depozitarea bateriei un număr de zile [Ah].
- **DURATA DE FUNCȚIONARE (DF)** = numărul de cicluri încărcare-descărcare până la care capacitatea scade la 60-70% din cea nominală. DF este limitată de distrugerea progresivă a plăcilor pozitive (mai subțiri, mai puțin rezistente ca cele (-): 250 cicluri pt plăci (+) și 300 cicluri pt plăci (-). În prezent cu perfecționări tehnice de fabricație, DF a putut fi crescută de la 18 luni (respective 40.000 km) la 26-30 luni (50-60.000km). Pentru prelungirea DF se iau următoarele măsuri: control periodic, completare electrolit (la 1000-2000km), verificarea tensiunii elementelor și densitatea electrolitului (la 10000-15000km).
- **STAREA DE ÎNCĂRCARE (SOC)**: este definită de către cantitatea de energie disponibilă într-o baterie, exprimată ca un procent din cantitatea de energie dintr-o baterie încărcată.
- **SUPRAPOTENȚIALUL**: reprezintă diferența dintre tensiunea electromotoare a bateriei și tensiunea pe baterie pe durata încărcării/descărcării. Din cauza suprapotențialului, tensiunea la bornele bateriei pe durata încărcării/descărcării este mai mare/mică decât tensiunea electromotoare.
- **NIVELUL DESCĂRCĂRII (DOD)**: este definit ca procentul din capacitatea bateriei care a fost extras din baterie în comparație cu capacitatea totală a bateriei. Rata de autodescărcare: în modul de mers în gol, fără un curent de descărcare sau încărcare prezent, o baterie suferă o diminuare a stării de încărcare, datorită pierderilor interne din baterie. Fiecare tip de baterie are o rată de autodescărcare specifică, elementele cele mai semnificative care determină mărimea acestei rate, fiind materialul activ și temperatura.

Dintre caracteristicile de funcționare ale bateriilor de acumulare, cele mai importante sunt:

- **Caracteristica de încărcare**: a cărei alătură este prezentată în Fig. 3, respectarea acesteia condiționând în mod direct durata de viață a bateriei.

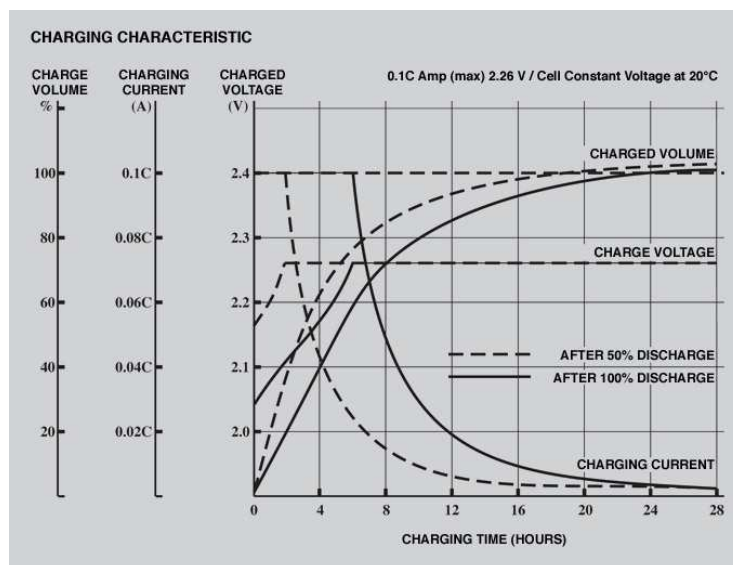


Fig. 3: Caracteristica specific de încărcare a bateriilor de acumulare cu plumb

- *Caracteristicile de descărcare*: reprezentate în Fig. 4 pentru diferite valori constante ale curentului de descărcare. Acestea scot în evidență dependența capacității de rata de descărcare. Este bine de știut faptul că trebuie evitată pe cât posibil supradescărcarea severă sau menținerea la un nivel scăzut al SOC pe perioade foarte lungi.

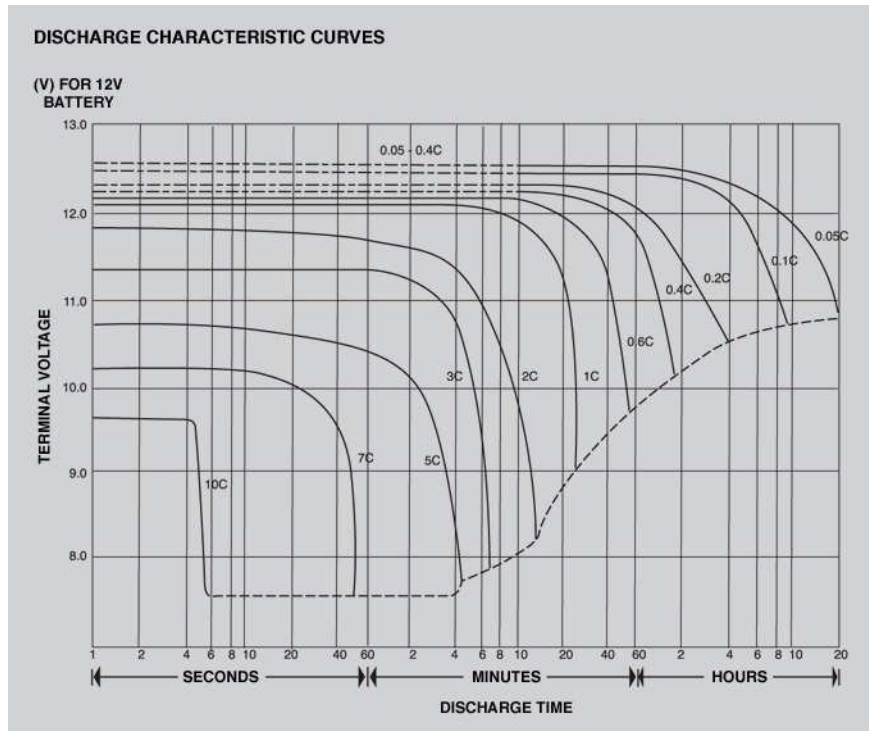


Fig. 4: Caracteristici specifice de descărcare ale bateriilor de acumuloare cu plumb

- *Caracteristica de autodescărcare*: În Fig. 5 sunt prezentate curbele de autodescărcare a bateriilor pe bază de plumb, funcție de temperatură mediului în care sunt stocate.

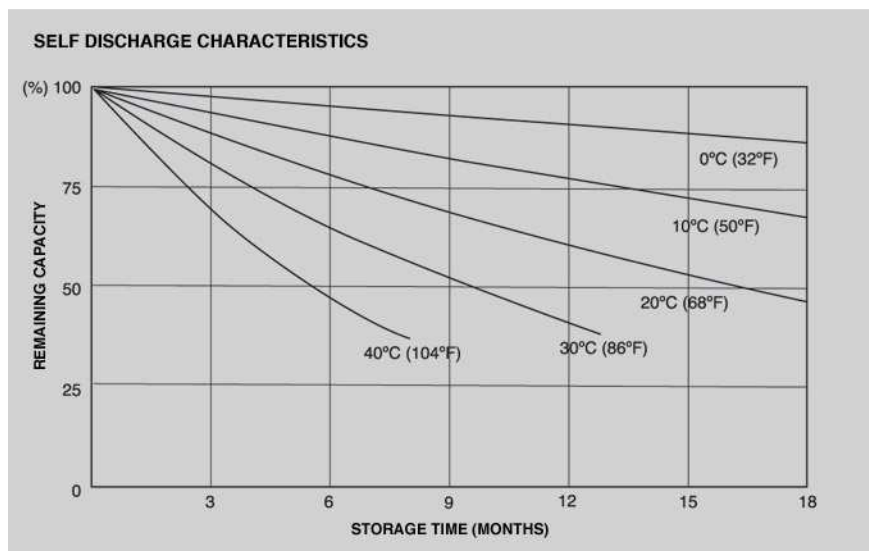


Fig. 5: Caracteristici specifice de autodescărcare ale bateriilor de acumuloare cu plumb

- *Caracteristica tensiunii de reîncărcare funcție de temperatură*: reprezentată în Fig. 6.

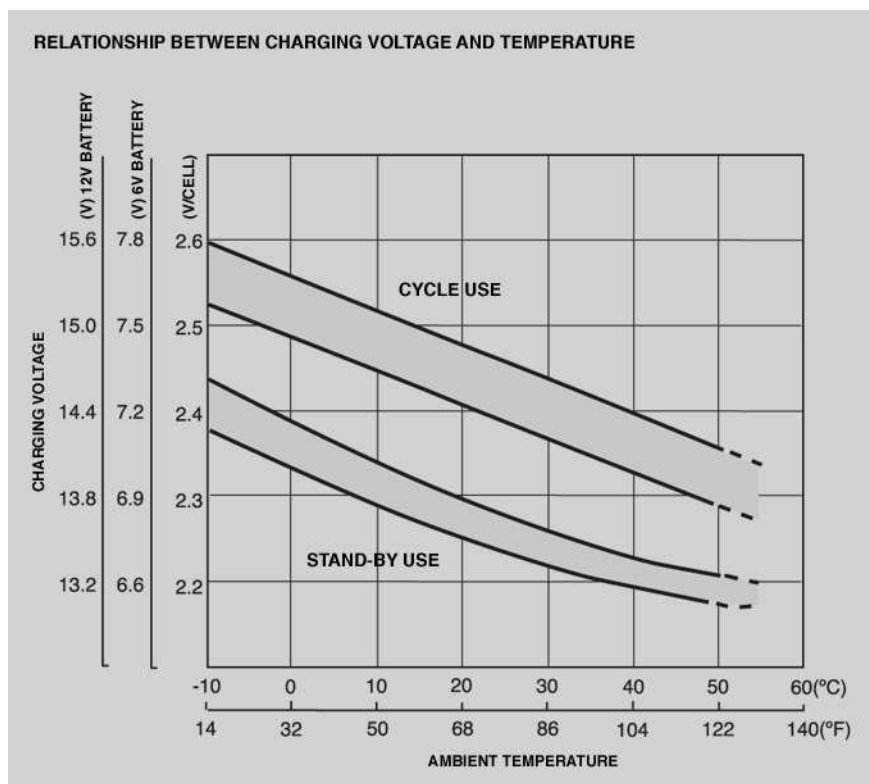


Fig. 6: Caracteristica tensiunii de reîncărcare funcție de temperatură

- *Dependența dintre durata de viață și nivelul de descărcare (DOD):* reprezentată în Fig. 7.

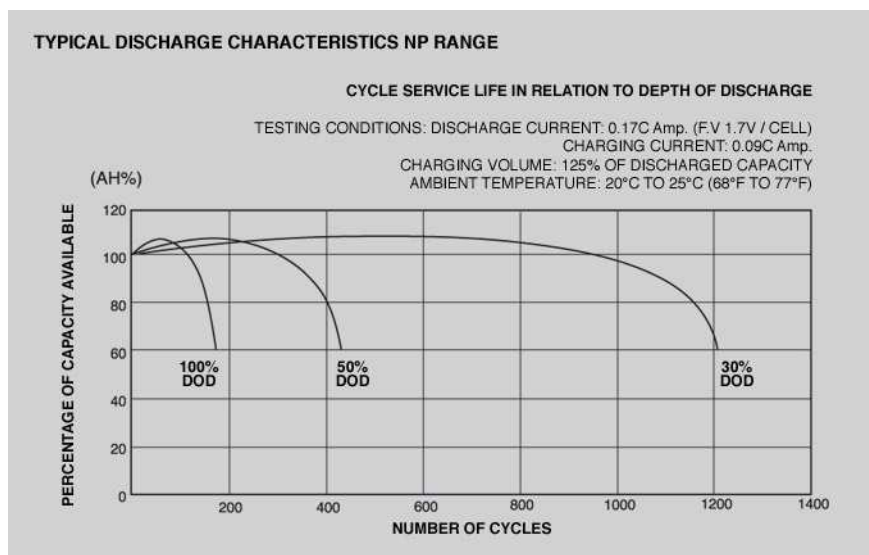


Fig. 7: Dependența dintre durata de viață și nivelul de descărcare (DOD)

#### 4. Procedeu experimental

Pentru realizarea încercărilor experimentale se vor utiliza următoarele echipamente de laborator:

- Diferite tipuri de acumuloare electrice pe bază de plumb pentru autovehicule,

- Aparate de măsură pentru tensiune (Voltmetru), curent (Ampermetru) și timp (cronometru),
- O sursă reglabilă de tensiune continuă,
- Diverse tipuri de reostate reglabile de sarcină,
- Întrerupătoare și comutatoare,
- Conductoare electrice pentru conexiuni.

În Fig. 8 este prezentat un model de schemă electrică în vederea realizării standului de lucru.

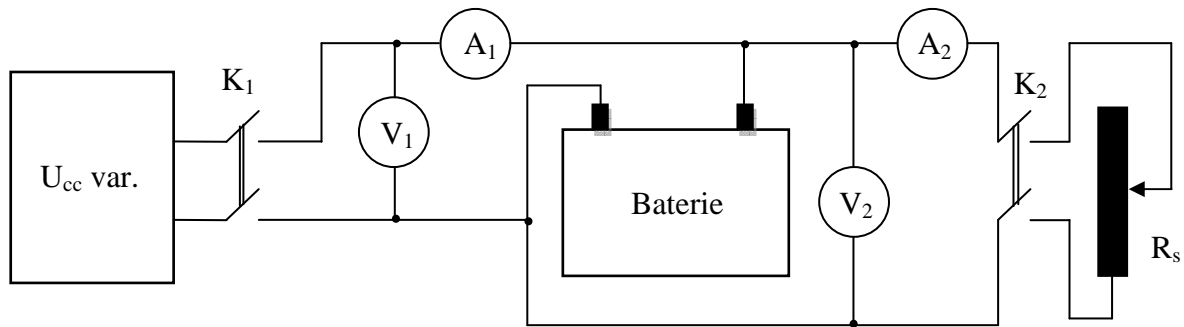


Fig.8: Schemă electrică.

După realizarea montajului se închide întrerupătorul  $K_1$  pentru a se putea efectua încărcarea bateriei de acumuloare. Pentru realizarea ciclului de descărcare, se deschide întrerupătorul  $K_1$  și se închide  $K_2$ ; sarcina fiind controlată de poziția cursorului reostatului  $R_s$ .

Datele sunt citite și notate cu atenție în tabele pentru a putea fi trasate, ulterior, caracteristicile dorite. Acestea vor fi analizate de către studenți în vederea formulării concluziilor.