

Acumulatori solari

1. Tipuri de acumulatori
2. Caracteristicile acumulatorilor
3. Incarcarea acumulatorilor in sisteme fotovoltaice
4. Cum se dimensioneaza capacitatea acumulatorilor in sistemele fotovoltaice independente?

Sistemele fotovoltaice, necesita dispozitive speciale pentru stocarea energiei pentru a fi utilizata atunci cind generatorul nu produce sau produce sub nivelul consumului. Cele mai la indemana dispozitive de stocare a energiei sunt bateriile de acumulatori, care au rolul de a inmagazina energia electrica produsa atunci cind sursa de energie a generatorului (iradianța solara) este disponibila si de a o reda pentru a fi utilizata pe timpul noptii. Bateriile de acumulatori pentru sisteme fotovoltaice sunt de constructie speciala, fara intretinere si suporta un numar mare de cicluri de incarcare-descarcare.

Bateriile de acumuloare

In sistemele electrice autonome, stocarea energiei este asigurata, in general, de baterii de acumuloare. Acestea sunt esentiale pentru buna functionare a sistemelor autonome. Elementele de stocare reprezinta 13 - 15% din investitiia inițiala, pentru o durata de exploatare de 10-15 ani.

Bateriile se utilizeaza in cazul in care exista un decalaj intre perioadele când este solicitata energie si perioadele insorite. Alegerea tipului de baterie se face in functie de puterea medie zilnica si in functie de timpul necesar de stocare.

1. *Tipuri de acumulatori*

- a. plumb-acid (Pb-acid).
- b. nichel-cadmium (NiCd).
- c. nichel-metal (NiMH).
- d. lithium-ion (Li-ion).
- e. lithium-polymer (Li-poly).
- f. Zn-Br.

a. *Bateriile de acumuloare de tipul plumb-acid*

Exista doua tipuri de astfel de baterii cu plumb:

- Baterii cu electrolit lichid
- Baterii cu electrolit stabilizat

Baterii cu electrolit lichid

Bateriile plumb-acid continua sa reprezinte principala optiune pentru stocarea energiei, avind avantajul pretului si al disponibilitatii pe linga faptul ca pot elibera o cantitate foarte mare de energie intr-un interval foarte scurt de timp putind suporta curenti foarte mari. Bateriile plumb-acid utilizate in sistemele fotovoltaice sunt incapsulate si nu necesita completare cu apa si intretinere, supapa reglatoare (VLRA) realizand recombinarea oxigenului si a hidrogenului rezultati in urma reactiilor chimice de la nivelul anodului si catodului.

Temperatura optima de functionare a unei baterii de acumulatori acid-plumb este 5°C- 20°C si influenteaza direct durata de viata a bateriei. In cazul in care bateriile de acumulatori functioneaza la temperaturi superioare acestui domeniu, durata de serviciu se reduce drastic, iar la temperaturi inferioare se reduce capacitatea. In afara intervalului optim de temperatura este necesara de asemenea, compensarea tensiunii de incarcare cu temperatura. Curentul de incarcare al unei baterii de acumulatori trebuie sa se incadreze in domeniul 10% pina la 20% din capacitatea ei nominala.

Bateriile plumb-acid au electrolitul din acid sulfuric diluat cu apa in stare lichida in bateriile clasice (electrolit lichid), retinut prin efectul capilar in separatoare din fibra de sticla sau silicat de

bor (baterii AGM) - **AGM** (Absorptive Glas Mat).

Caracteristici:

- Cel mai intalnit tip de baterie reincarcabila
- In momentul descarcarii se formeaza apa si sulfat de plumb, apa dilueaza acidul sulfuric (electrolitul) astfel incat masa specifica a electrolitului scade pe masura ce bateria se descarca
- La incarcare apar reactii inverse
- Exista diferite tipuri de baterii
- Acumulatori cu ciclu superficial-utilizate la automobile
- Acumulatori cu ciclu profund

Aceste baterii sunt constituite dintr-un recipient in care se alterneaza placi pozitive si negative, separate de distanțiere izolante. Recipientul este inchis cu un dop, pentru a evita corodarea interna si scurgerea electrolitului.

Avantaj: Construcție simpla, deci ieftine.

Dezavantaj: Bateriile trebuiesc pastrate si utilizate in poziție orizontala, altfel electrolitul se scurge prin orificiul de egalizare a presiunii din dop, placile nemaifiind scufundate in electrolit.

Bateriile AGM au separatoarele montate rigid, rezista foarte bine la socuri si vibratii, iar electrolitul nu se varsa nici daca bateriile sunt rasturnate. Pentru ca nu contin elemente care ingheata pot fi utilizate la temperaturi extrem de scazute. Desi din punct de vedere al electrolitului sunt similare cu bateriile cu gel, bateriile AGM apartinand clasei lichid, iar tensiunea si algoritmul de incarcare sunt aceleasi ca si pentru bateriile clasice.

In calitate de electrolit este de asemenea folosita solutie acida in forma lichida, iar spatiul dintre electrozi este umplut cu materiale poroase, separator pe baza de fibra de sticla. Aceasta substanta actioneaza ca un burete, absoarbe tot lichidul si il pastreaza, nu-l lasa sa se raspandeasca, electrozii si placile separatoare, alterneaza intre ele.

Principala caracteristica tehnica a bateriei AGM, spre deosebire de cele auto conventionale este posibilitatea de a lucra in regim de descarcare profunda. Ele pot da energie electrica o perioada lunga de timp (ore sau chiar zile) pana la starea in care rezerva de energie scade la 20-30% din valoarea initiala. Dupa incarcare acumulatorul isi reface aproape complet capacitatea operationala. Desigur, astfel de situatii nu pot trece fara urme, dar baterile AGM de astazi pot rezista pana la 600 sau mai multe cicluri de descarcare profunda.

Acumulatorii sunt puternic influentati de conditiile externe: temperatura si umiditatea, calitatea curentului electric de incarcare, etc. In practica, bateriile AGM se schimba mai des, dar este vorba de ani si ani de functionare.

In plus bateria AGM are o tensiune de autodescercare foarte mica. O baterie incarcata neconectata poate stoca energie pentru o perioada lunga de timp. De exemplu, timp de 12 luni de nefunctionare nivelul bateriei scade la doar 80% din cel initial. Aceste caracteristici sunt realizate nu numai datorita tehnologiei AGM. La fabricarea de baterii AGM sunt folosite materiale mai scumpe cu proprietati speciale: electrozii sunt facuti din electrozi de plumb ultrapur si mai grosi, electrolitul este acid sulfuric de inalta puritate. De aceea pretul bateriilor AGM este mai mare decat cele standard.

Baterii cu electrolit stabilizat

In electrolitul lichid se adauga substante pe baza de dioxid de siliciu (SiO_2), generand astfel o masa groasa. Cu aceasta masa este umplut spatiul dintre electrozi din interiorul bateriei. In cursul

reacțiilor chimice în substanța electrolitică se formează numeroase bule de gaz, iar reunirea gazelor are loc cu o eficiență mult mai mare. Față de bateriile AGM cele cu GEL se restabilesc mai bine după o descărcare profundă, chiar și atunci când procesul de încărcare nu începe imediat după descărcare. Ele sunt capabile să suporte mai mult de 1000 de cicluri de descărcare profundă, fără o pierdere semnificativă a capacității. Deoarece electrolitul este într-o stare densă, este mai puțin predispus la separarea în apă și părți componente de acid, bateriile cu gel tolerează astfel mai bine parametri necorespunzători ai curentului de încărcare. Singurul minus al bateriilor cu gel (**GEL** - Gel Electrolite) este prețul, care este mai mare decât la bateriile AGM de aceeași capacitate.

Aceste baterii se mai numesc cu recombinație a gazului. În cazul acestora, electrolitul nu mai este lichid, ci sub formă de gel.

Avantaje:

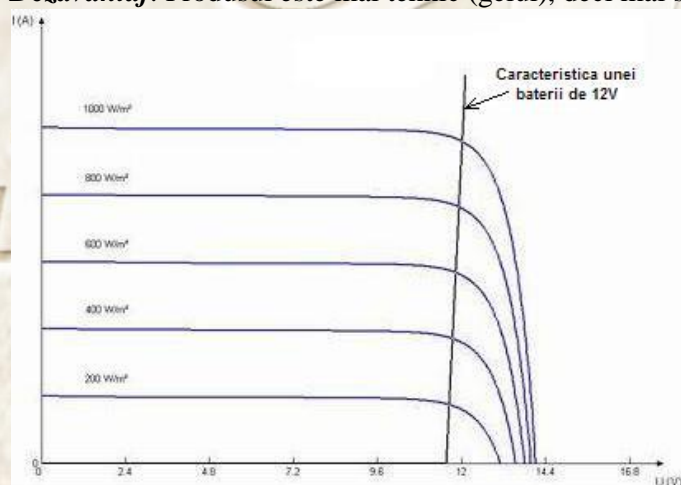
- Nu necesită întreținere;
- Nu există riscul de scurgeri accidentale de acid lichid;
- Potrivite pentru instalare în imediată apropiere a oamenilor și echipamentelor electronice.

În plus, forma de gel face aceste baterii potrivite în special pentru aplicații care necesită o mulțime de cicluri "profunde" de descărcare.

În condiții "grele" de lucru în ceea ce privește numărul de cicluri de încărcare-descărcare și adâncime de descărcare, dacă sunt supuse la încărcare corespunzătoare durata de viață utilă a unei baterii gel este de aproximativ de 3 ori mai mare decât la o baterie de acid comun.

- Nu au nevoie de întreținere.

Dezavantaj: Produsul este mai tehnic (gelul), deci mai scumpe.



După cum se vede din figura de mai sus, caracteristica bateriilor se adaptează destul de bine celor ale generatoarelor fotoelectrice, deoarece ele funcționează la tensiune cvasi-constantă. Este suficient să se dimensioneze bateria pentru a plasa punctul de funcționare în punctul de putere maximă, deoarece tensiunea sa U_{pmax} (tensiunea corespunzătoare puterii maxime) se modifică puțin în funcție de iluminare.

b. Nichel Cadmiu

- Electroful pozitiv este făcut din Cd iar electroful negativ este făcut din Ni
- Cei doi electrozi sunt separați de Nylon
- Sunt mai tolerante la temperatură
- Poluare
- Efectul de memorie
- Înlocuite cu NiMh

c. *NiMh*

- Asemănătoare cu cele tip NiCd
- Anodul este construit din Mh
- Are un efect de memorie neglijabil
- Sunt mai puțin capabile să producă un maxim de putere
- Sunt scumpe
- Tinta este utilizarea la mașini

d. *Litiu-Ion*

- Este o tehnologie mai recentă
- Oferă până la de 3 ori mai multă energie ca Pb-acid
- litiu-ion au tensiunea pe celulă 3.5V față de 2.0V pentru Pb-acid și 1.2V pentru alte baterii electrochimice.
- Sunt vulnerabile la supraîncărcări

2. *Caracteristicile acumulatorilor*

- tensiunea nominală
- tensiunea de încărcare
- capacitatea acumulatorului
- regimul de încărcare-descărcare
- eficiența
- timpul de viață

3. *Încărcarea acumulatorilor în sistemele fotovoltaice*

- Se folosește un regulator de încărcare
- Etapele de încărcare:
 - Încărcare principală
 - Încărcare finală
 - Încărcare de echilibru
 - Încărcare de întreținere

Dimensionarea corectă a capacității pentru o baterie de acumulatori se face în funcție de puterea nominală a consumatorilor și de diagrama de consum pe intervale orare. Durata de viață a unei baterii de acumulatori este dependentă de adâncimea de descărcare și de temperatura de lucru. În funcție de capacitatea și tipul bateriei de acumulatori se aleg controlerul de încărcare și/sau invertoarele de baterii. Trebuie reținut că utilizarea unui controler de încărcare sau inverter de baterii impropriu poate duce la reducerea capacității bateriei de acumulatori și a duratei de viață a acestora sau chiar la distrugerea ei.

4. *Cum se dimensionează capacitatea acumulatorilor în sistemele fotovoltaice independente?*

Capacitatea bateriei de acumulatori se dimensionează în funcție de necesarul zilnic de consum și de distribuția acestuia pe intervale de timp. Se știe că în aplicațiile fotovoltaice independente acumulatorii lucrează în regim ciclic zi-noapte, iar durata lor de viață depinde de numărul de cicluri de încărcare-descărcare, adâncimea de descărcare și condițiile de exploatare. Acești parametri sunt prevăzuți în fișa tehnică a oricărei baterii de acumulatori și pe baza lor se

poate determina cu usurinta durata de viata estimata. Pentru exploatarea eficienta a bateriei de acumulatori se recomanda dimensionarea capacitatii acesteia la o valoare de 3-5 ori mai mare decit necesarul zilnic de consum.

Cum electricitatea fotovoltaica este prețioasa, in special in perioadele innoate si lipsite de lumina ale iernii, bateriile trebuie sa aibade asemenea si rate de autodescarcare mici si un randament foarte bun. In general bateriile solare au o rata de autodescarcare de aproximativ 3% pe luna. Randamentul este calculat in trei moduri:

Randamentul de incarcare, procentul de sarcina pusa intr-o baterie care poate fi recuperata, in general 85%.

Randamentul tensiunii, care reflecta faptul ca tensiunea in timpul descarcarii estemai mica decât in timpul incarcarii.

Randamentul energetic, produsul randamentelor de incarcare si cel al tensiunii; are de obicei valoarea de 75%.

Daca nu sunt descarcate mai mult de 30% rezista câteva mii de cicluri de incarcare/descarcare; daca sunt descarcate in mod regulat cu pâna la 80%, aproximativ o mie de cicluri.

Capacitatea unei celule sau a unei baterii este masurata in *amperi ora* (Ah), fiind produsul dintre curentul furnizat si cât timp acesta „curge”. De exemplu, daca o baterie plina de 12V poate da 20 A timp de 10 ore, aceasta are capacitatea de 200 Ah (fiind uzual numita baterie de „200 de amperi”). Cum tensiunea este de 12 V, energia totala stocata este de $200 \cdot 12 = 2400 \text{Wh}$, sau 2.4 kWh.

Foarte important este cum variaza tensiunea unei baterii acid-plumb in timpul incarcarii si descarcarii deoarece chargerul, care regleaza fluxul curentului de la panou in baterii, foloseste tensiunea drept „semnal de control” pentru a proteja bateriile si a le prelungi durata de viața



Caracteristica tipica de incarcare a unei baterii acid-plumb de 12V

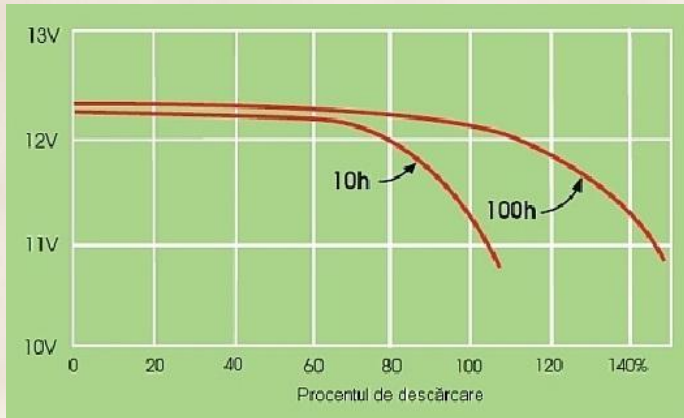
Atunci când o baterie este pusa la incarcare la un curent constant tensiunea variaza dupa cum se poate observa in figura de mai sus. Inițial aproape de 12V, tensiunea creste constant cu starea de incarcare (State Of Charge – SOC).

In faza finala, creste mai repede, ajungând la peste 14V la atingerea incarcarii complete (SOC=100%). Daca bateria este nesigilata, aceasta ultima faza este acompaniata de gaze in electrolitul lichid, producându-se hidrogen si oxigen. Gazarea excesiva poate avea loc daca se continua incarcarea si poate produce daune celulelor; este extrem de importanta o ventilatie adecvata a spațiului in care sunt depozitate bateriile pentru a evita riscul producerii unei explozii.

Totusi, supraincari controlate pot avea loc ocazional, purtând numele de *incarcare de egalizare*, acestea fiind utile pentru a evita stratificarea in diferite nivele de concentrație de acid. La bateriile sigilate supraincarea trebuie evitata iar egalizarea este irelevantă.

O buna schema de incarcare, care ajuta la pastrarea bateriei in condiții de top consta in furnizarea unei incarcari forțate de tip *boost charge* folosind tot curentul disponibil; apoi, la apropierea SOC-ului de valoarea de 100% furnizarea unei incarcari de absorbtie (*absorption charge*) la un nivel constant de tensiune si un curent mic; in final, o incarcare de tip *float* care menține bateria la incarcare maxima, evitând in acelasi timp supraincarea.

Desigur, intr-un sistem FV dependent de lumina solara variabila, fara sursa de incarcare in timpul nopții nu ne putem astepta la un regim optim de incarcare.



Caracteristica tipică de descărcare a unei baterii acid-plumb de 12 V

Figura de mai sus arată caracteristicile tipice ale tensiunii atunci când bateria de 200Ah și 12V este descărcată la curent constant. Curba notată *10h* arată caracteristica de descărcare la 20A pentru 10 ore, ceea ce reduce voltajul până la 11V, punct în care producătorul recomandă deconectarea sarcinii pentru a evita producerea de daune. La acest punct s-a folosit 100% din capacitatea bateriei.

Dar dacă o descărcăm la rata mai scăzută de 2A timp de 100 de ore se obține curba notată *100h*.

Tensiunea stă mai bine și sarcina disponibilă este substanțial mai mare, lucru care scoate în evidență dependența capacității de rata de descărcare. Este bine de știut faptul că trebuie evitată pe cât posibil supradescărcarea severă sau menținerea unui nivel scăzut al SOC-ului pe perioade foarte lungi. La bateriile nesigilate pericolul principal îl reprezintă sulfatarea, care constă în formarea de cristale mari de sulfat pe plăci, fapt care duce la scăderea capacității și deteriorare.

Într-un sistem fotovoltaic practic nu ne putem aștepta ca încărcarea și descărcarea să aibă loc la curent constant sau în cicluri regulate de consum constant. Situația este mult mai complicată și depinde de disponibilitatea luminii solare în comparație cu cerințele pentru electricitate ale utilizatorului. În general se pot identifica fluctuații zilnice ale luminii solare și ale consumului sarcinii, precum și fluctuații sezoniere. În verile însorite bateriile vor fi mai mereu încărcate la maxim (cu SOC = 100%), consumul fiind și el mic din cauza lungimii reduse a nopților; în schimb, pe perioade lungi de cer acoperit și în lunile de iarnă, consumul pe o durată mult mai mare poate duce la perioade cu SOC scăzut cu riscul de tăiere a sarcinii. Statisticile anuale ale ciclurilor de încărcare/descărcare în sistemele fotovoltaice apar deseori ca aleatorii și neregulate. Cu toate acestea, este foarte important să știm cum funcționează bateriile și cum putem îmbunătăți sistemul.