



Socrates

Energy Consultancy



**Riihimäen Kauppaoppilaitos
RIIHIMÄKI
FINLAND**



**Staatliche Handelsschule mit
Wirtschaftsgymnasium Schlankreye
HAMBURG
GERMANY**



**Grup Școlar Industrial Energetic
SIBIU
ROMANIA**

UTILIZAREA ENERGIEI DURABILE

Autori:

**Dr. Sorin Volosciuc
Codruța Nicoară
Manuela Stupinean**

Grup Școlar Industrial ENERGETIC SIBIU

**Această fișier este un produs final al Proiectului de dezvoltare școlară,
Comenius 1: „SISMEC-Consultanță integrată în domeniul energiei durabile,,
06-PD-13-SB-DE**

1. ENERGIA SOLARĂ

Energia solară este practic inepuizabilă. Este cea mai curată formă de energie de pe pământ și este formată din radiații calorice, luminoase, radio sau de altă natură, emise de soare. Cantitățile uriașe ale acestei energii stau la baza majorității proceselor naturale de pe Pământ. Cu toate acestea, este destul de dificilă captarea și stocarea ei într-o anumită formă (în principal căldură sau electricitate) care să permită utilizarea ei ulterioară.

Energia solară poate încălzi locuințele în mod pasiv, datorită construcției acestora (casele pasive) sau poate fi stocată în acumulatori termici sub formă de energie termică. Căldura generată solar se poate folosi în principal la prepararea apei calde menajere, încălzirea agentului termic responsabil de temperatura ambiantă a casei și încălzirea piscinelor.

Există chiar și instalații de aer condiționat bazate pe căldura solară, unde aceasta reprezintă energia principală necesară răcirii aerului.

Utilizarea energiei solare reprezintă la nivel global cea mai eficientă metodă de a aduce căldura în locuințe. În general, cantitatea de căldură solară ce cade asupra acoperișului unei case este mai mare decât energia totală consumată în casă.

Cu mijloace simple, eficiente constructiv, se poate utiliza energia solară pentru a reduce sau chiar pentru a înlocui total celelalte surse de energie necesare traiului dintr-o locuință modernă.

1.1 Celula solară

Fizicianul francez Becquerel a descoperit în 1839 efectul fotovoltaic care constă în **transformarea directă a energiei luminoase în energie electrică**, iar în 1930, fizicianul american Schottky a argumentat teoretic efectul fotovoltaic.

Efectul fotovoltaic se bazează pe trei fenomene fizice simultane, strâns legate între ele:

- ◆ Absorbția luminii de către materiale;
- ◆ Transferul de energie de la fotoni la sarcinile electrice;
- ◆ Colectarea sarcinilor.

Celulele solare sunt compuse din siliciu necristalin (amorf) sau cristalin. Celulele solare din alte materiale precum GaAs sau CuInSe₂ sunt încă în faza de dezvoltare.

În domeniul puterii reduse (mW, μW), de exemplu ceasuri și calculatoare de buzunar, celulele solare cu siliciu amorf domină piața.

Atomii de siliciu nu sunt ordonați, ceea ce permite obținerea de folii subțiri de siliciu. Siliciul amorf este folosit la module cu putere de 30 W. Dezavantajul constă în randamentul scăzut, de 5-7 %. De aceea, este necesară dublarea suprafeței de module solare monocristaline sau policristaline.

1.1.1 Tipuri de celule solare

A. Celule de siliciu monocristalin (figura 1.1)

- ◆ Au randamentul de 15 % - 17 %;
- ◆ Sunt fabricate din blocuri de siliciu monocristalin;
- ◆ Au culoare de la albastru închis până la negru.

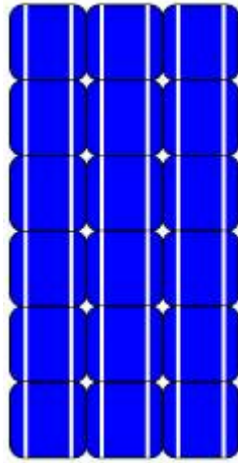


Figura 1.1

B. Celule de siliciu policristalin (figura 1.2)

- ◆ Au randamentul de 13 % - 15 %;
- ◆ Sunt fabricate din blocuri de siliciu compuse din cristale mari;
- ◆ Au suprafața perlată;
- ◆ Au costuri de producție mai reduse decât cele ale celulelor monocristaline.

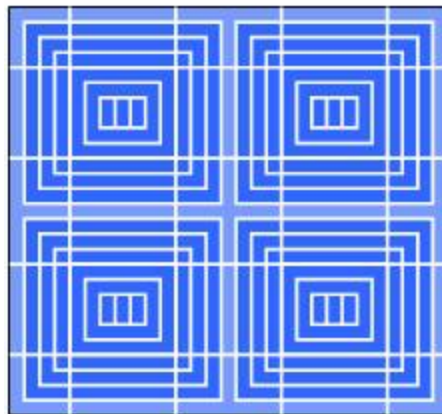


Figura 1.2

C. Celule amorfe

- ◆ Sunt realizate dintr-un suport de sticlă sau material sintetic, pe care se depune un strat subțire de siliciu;
- ◆ Au randamentul de 5 % -10 %, mai mic decât al celulelor cristaline;
- ◆ Sunt utilizate în mici produse comerciale (ceasuri, calculatoare), dar pot fi utilizate și în instalațiile solare;
- ◆ Au avantajul de a se comporta mai bine la lumina difuză și la cea fluorescentă, fiind deci mai performante la temperaturi ridicate;
- ◆ Au costuri de producție mai reduse decât cele ale celulelor cristaline.

D. Celule CdTe, CIS, CIGS

- ◆ Celulele cu CdTe se bazează pe telura de cadmiu, material interesant datorită proprietății de absorbție foarte mare. Totuși, dezvoltarea lor riscă să fie frânată datorită toxicității cadmiului;
- ◆ Celulele cu CIS (CuInSe_2) se bazează pe cupru, indiu și seleniu. Acest material se caracterizează printr-o bună stabilitate sub acțiunea iluminării. Au proprietăți de absorbție excelente;
- ◆ Celulele cu CIGS sunt realizate din aceleași materiale ca și cele cu CIS, având ca particularitate alierea indiumului cu galiu. Aceasta permite obținerea unor caracteristici mai bune.

1.1.2 Construcția celulei solare

Siliciul (Si) se obține la temperaturi de 1800°C din bioxid de siliciu (SiO_2), găsit în natură sub formă de cuarț, componentul principal al nisipului.

În urma acestui proces se obține siliciu lichid cu o puritate de 98 %. Pentru a putea fi folosit la producerea celulelor solare, acest produs trebuie purificat până la 99,999999999999 %, ceea ce înseamnă că la 1.000.000.000.000 (10^{12}) atomi de siliciu poate fi preluat numai un atom de Si impur.

În concluzie, siliciul trebuie transformat în siliciu monocristalin. Prin adaosul de materiale dotante la topire (cel mai des fosfor P-5 valent pentru dotarea negativă n sau bor B- 3 valent pentru dotarea pozitivă p) se obține un siliciu dotat. Dotarea de bază este totdeauna un siliciu pozitiv.

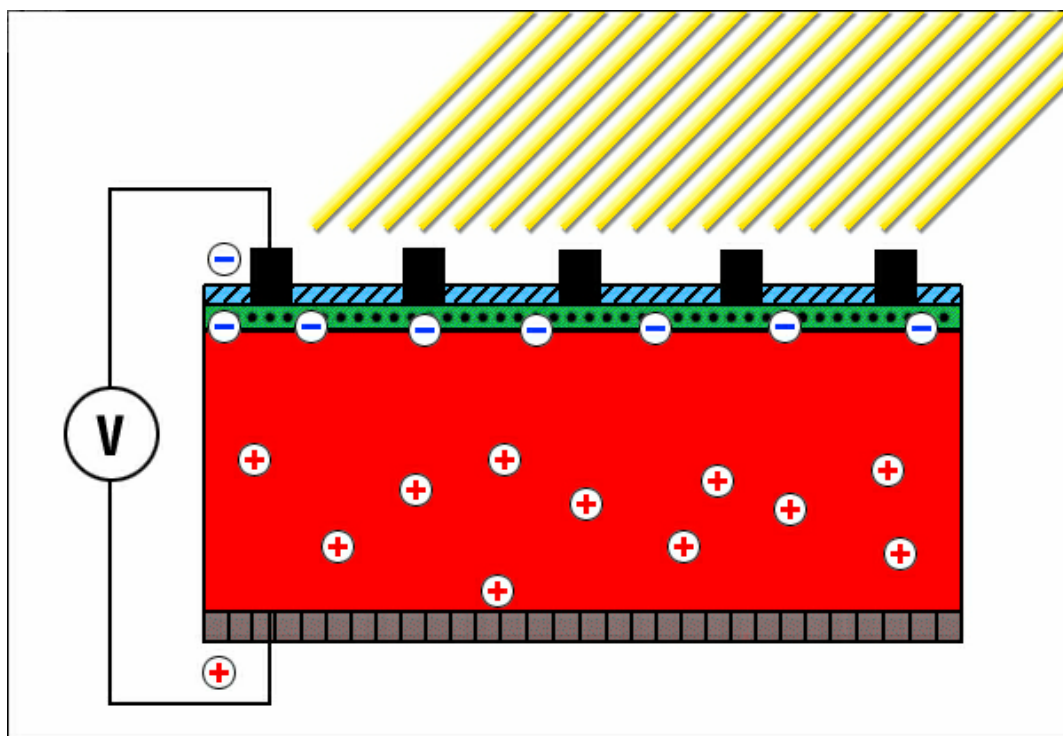


Figura 1.3

În figura 1.3 este reprezentată schematic structura unei celule solare.

Energia luminii dislocă în joncțiunea p-n electroni și îi face liberi. Astfel sunt disponibili un electron negativ și o gol pozitiv. Dacă circuitul este închis, electronii negativi se scurg în stratul p și protonii pozitivi în stratul n. Așadar, curentul electric poate trece.

Datorită potențialului energetic ridicat al semiconductorului n și a spațiului în regiunea de încărcare, electronii pot circula doar pe traseul următor:

- ◆ de la stratul n;
- ◆ prin contactul părții superioare (polul negativ al celulei solare);
- ◆ prin consumatorul extern;
- ◆ prin contactul părții inferioare (polul pozitiv al celulei solare);
- ◆ la semiconductorul p;
- ◆ se recombina cu un atom rezidual, etc.

1.1.3 Legarea celulelor solare

Pentru a obține o putere mai mare, celulele solare de trebuie conectate pentru a forma un modul.

Legarea celulelor solare se pot lega în serie sau în paralel sau se pot realiza combinații de celule legate în serie și paralel.

În figura 1.4 este reprezentat un modul de 18 celule conectate mixt, în serie și paralel.

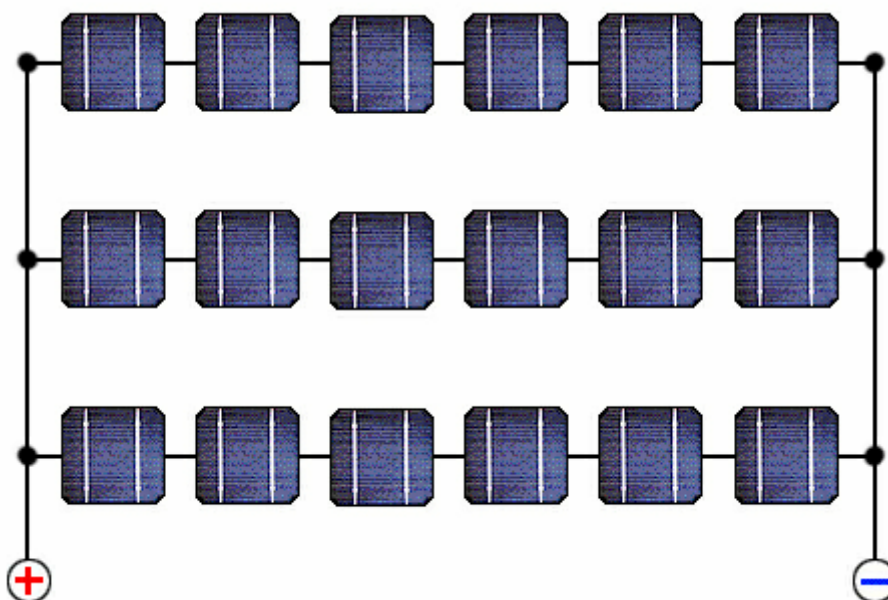


Figura 1.4

1.1.4 Orientarea celulelor solare

Puterea maximă se poate obține de la un modul solar dacă razele de lumină cad perpendicular pe suprafața sa.

Acest lucru nu este totdeauna posibil, ținând cont de deplasarea zilnică și anuală a soarelui. De aceea, la calculul eficienței unei instalații fotovoltaice trebuie luate în considerare aceste pierderi.

Unghiul ideal de instalare al unei celule solare este determinat de latitudinea localității. Totuși, un unghi de instalare sub 15° trebuie evitat, pentru ca la ploaie efectul de autocurățire să aibă loc. Un unghi de instalare de 60° permite iarna ca zăpada să alunece.

În localitățile la nord de Ecuator, modulele solare sunt poziționate spre sud, în cazul eventualelor umbri și spre sud-vest sau sud-est.

În localitățile la sud de Ecuator, modulele solare sunt poziționate spre nord, în cazul eventualelor umbriri și spre nord-vest sau nord-est.

Un modul solar dezvoltă o putere mai mare dacă se află în apropierea Ecuatorului. Totodată, această putere mărită este diminuată de temperatura ridicată a celulelor.

La creșterea temperaturii cu 1 grad Kelvin, puterea scade cu 0,5 %. Aceasta înseamnă că la o temperatură a celulelor de 75°C, puterea modulului scade cu 25 %.

Curentul și tensiunea unei celule solare sunt mărimi dependente de temperatura celulelor.

1.1.5 Caracteristicile celulei solare

- ◆ La iluminarea unei celule solare, apare o tensiune egală cu 0,6 V, independentă de intensitatea luminoasă;
- ◆ Curentul în scurtcircuit (I_K) crește liniar în raport cu intensitatea luminoasă. În condiții standard, la o suprafață a celulelor de 100 cm² și o iluminare cu STC de 100 W / m², acest curent este de 3 A.

1.2 Module solare

Realizarea modulelor solare

După ce feliile de silicon au fost tăiate, se fixează contacte pe partea superioară și inferioară împreună cu o bandă cositorită. Contactul părții inferioare acoperă întreaga suprafață a celulei, în timp ce contactul părții inferioare este în formă de pieptene, permițând luminii să cadă pe suprafața de silicon. În final, un înveliș anti-reflexie este aplicat părții superioare. Acesta asigură pătrunderea a cât mai multă lumină pe suprafața de silicon. Ultimul pas este controlul calității.

Asamblarea unui modul

În primul rând se leagă conductoare de contactele celulei solare. Depinzând de putere și tensiune, ele vor fi legate în serie sau paralel. Siliciul este casant și se rupe ușor, de aceea celulele solare vor fi puse într-un suport de plastic. Acest plastic nu are voie să îmbătrânească și trebuie să fie rezistent la deteriorarea prin raze ultraviolete.

De asemenea, sticla acoperitoare trebuie să satisfacă anumite condiții. Sticla, partea din spate a modulului și plasticul vor forma în final o singură unitate. Astfel, celulele nu mai pot fi separate fără a fi distruse. Ca ultim pas, tot modulul este montat într-o ramă de aluminiu și se fixează doza de legătură a modulului.

Acoperirea unui modul

Apar probleme dacă, la legarea în serie a celulelor într-un modul, una dintre ele este acoperită de exemplu, cu o frunză.

Să analizăm cazul cel mai critic: modulul furnizează curent acumulatorului. Celula acoperită devine consumatoare de energie. Celulele rămase libere canalizează curentul prin celula acoperită. Drept rezultat, energia pusă la dispoziție de modul este transformată în căldură de celula acoperită. Această energie poate distruge celula.

Acest inconvenient poate fi evitat prin legarea antiparalel a unei diode (diodă bypass). Aceasta nu permite trecerea curentului prin celula acoperită. Ideal ar fi legarea la fiecare celulă a unei diode bypass.

În practică, este suficientă legarea unei diode bypass la fiecare 15-20 celule solare. Această diodă se încorporează în doza de legătură a fiecărui modul. De obicei, legarea a 2 diode bypass protejează împotriva pericolului acoperirii celulelor.

Conectarea modulelor

Cablurile de interconectare trebuie să fie rezistente la raze ultraviolete și umezeală (apă). Scăderea tensiunii la inverter nu trebuie să depășească 1 % -3 %. Problema care se pune este, dacă convertorul poate funcționa corect și în cazul căderii tensiunii. Cablurile spre inverter trebuie protejate împotriva scurtcircuitului. De obicei se folosesc cabluri solare speciale simple sau duble.

Problema generală a generatoarelor solare este că, curentul la scurtcircuit este doar cu 10 % mai mare decât valoarea nominală. O siguranță normală, în acest caz, nu va fi activată și de aceea arcul electric va putea continua să ardă.

1.3 Generatoare solare

Pentru construcția unor sisteme fotovoltaice mai mari, se leagă în serie sau paralel mai multe module solare, obținându-se un generator solar.

Pentru obținerea tensiunii alese a sistemului se leagă mai multe module în serie.

Prin legarea în paralel a mai multor sisteme modulare legate în serie, se poate obține puterea dorită a sistemului.

În figura 1.5 este prezentat un generator solar.



Figura 1.5

Ramele metalice ale modulelor trebuie conectate la sistemul de protecție împotriva fulgerelor, adică la paratrâznetul deja existent.

Pentru protecția împotriva focului, se folosesc varistoare, raportate la cea mai ridicată tensiune posibilă la funcționarea în gol, și montate în locații rezistente la foc.

1.4 Conversia energiei solare

Pentru utilizarea energiei solare este nevoie de conversia acesteia în alte forme de energie, cum ar fi:

- ◆ **Conversia fototermică;** Conversia fototermică (termoconversia) presupune transferul energetic de la razele soarelui la apă, abur, aer cald, alte medii (lichide, gazoase sau solide). Căldura astfel obținută poate fi folosită direct sau convertită în energie electrică, prin centrale termoelectrice sau prin efect termoionic. De asemenea, poate fi folosită prin transformări termochimice sau poate fi stocată în diverse medii solide sau lichide. Conversia fototermică prezintă o mare importanță în aplicațiile industriale, încălzirea clădirilor, prepararea apei calde de consum, uscarea materialelor, distilarea apei etc.
- ◆ **Conversia fotomecanică;** Conversia fotomecanică este importantă în energetica spațială, unde, conversia bazată pe presiunea luminii dă naștere la motorul tip "velă solară", utilizat la zborurile navelor cosmice. Conversia fotomecanică se referă la echiparea navelor cosmice destinate călătoriilor lungi, interplanetare, cu așa-zisele "pânze solare", la care, datorită interacțiunii dintre fotoni și mari suprafețe reflectante, desfășurate după ce nava a ajuns în vidul cosmic, se produce propulsarea navei prin impulsul cedat de fotoni la interacțiune.
- ◆ **Conversia fotochimică;** Conversia fotochimică se împarte în două categorii: una presupune **utilizarea directă** a Soarelui prin excitarea luminoasă a moleculelor unui corp, iar cealaltă **utilizarea indirectă** prin intermediul plantelor (fotosinteză) sau a transformării produselor de dejecție a animalelor. Conversia fotochimică se utilizează la obținerea pililor de combustie prin procesele amintite mai sus.
- ◆ **Conversia fotoelectrică;** Conversia fotoelectrică directă se realizează folosind proprietățile materialelor semiconductoare din care se confecționează celulele fotovoltaice.

1.5 Captarea energiei solare

Pentru captarea razelor de soare și conversia fototermică se folosesc mai multe sisteme:

- ◆ **Sisteme cu receptor central** - aceste sisteme concentrează razele de soare spre un colector central cu ajutorul unor oglinzi plasate radial;
- ◆ **Sisteme cu albi** - albiile sunt lungi, formate din oglinzi curbate ce concentrează razele soarelui pe țevi umplute cu un lichid. Acest lichid poate atinge temperaturi foarte mari (până la 400 grade C);
- ◆ **Sisteme cu parabolă** - folosesc o parabolă ce concentrează radiațiile solare spre un colector montat în punctul focal al acesteia.

1.5.1 Colectoare solare

Principalele tipuri de colectoare solare folosite în aplicațiile obișnuite sunt:

- ◆ colectoarele plane;
- ◆ colectoare cu tuburi vidate.

Colectoarele plane (figura 1.6) sunt formate dintr-o rețea de țevi din material termoconductor (cupru), cu aripioare din tablă pentru creșterea suprafeței de captare. Ansamblul este așezat într-o cutie izolată termic foarte bine. Această cutie are peretele

transparent expus la soare (din sticlă cu transparentță ridicată), iar suprafața țevii și a aripioarelor metalice este acoperită cu un strat dintr-un material care facilitează absorbția radiațiilor solare și limitează în același timp reflexia acestora.

Eficiența acestui tip de colectoare este mai redusă decât a colectoarelor cu tuburi vidate, la suprafețe de captare similare. Au un preț de cost relativ scăzut.

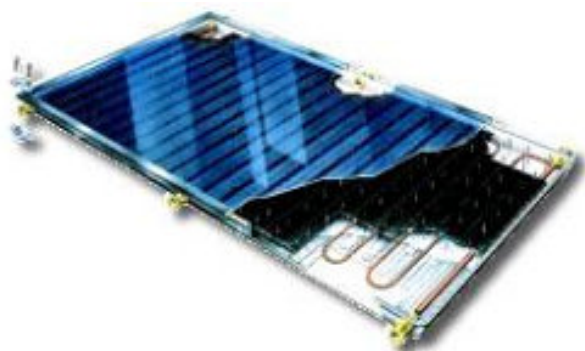


Figura 1.6



Figura 1.7

Colectoarele cu tuburi vidate (figura 1.7) au fiecare tub format din două tuburi concentrice din sticlă borosilicat (foarte rezistentă și cu un grad de transparentță ridicat), sudate între ele.

Spațiul dintre cele două tuburi se videază, iar suprafața interioară a tubului interior se acoperă cu un strat selectiv cu excelente proprietăți de absorbție a radiației solare (>92%) și cu o reflexivitate foarte redusă (<8%).

Căldura este transferată agentului termic în mod direct sau cu ajutorul unui tub termic. Vacuum-ul dintre cele două tuburi formează un fel de "termos" astfel încât - deși temperatura în interior ajunge la 150°C - la exterior tubul este rece. Această proprietate face instalația utilizabilă și în zone cu clima foarte rece, colectoarele cu tuburi fiind mai eficiente decât colectoarele solare clasice, plane. Au prețul de cost mai ridicat decât cel al colectoarelor plane.

1.6 Stocarea energiei solare

Energia solară la nivelul scoarței terestre este o sursă energetică dependentă de mișcarea de rotație a Pământului și de condițiile atmosferice.

De asemenea necesarul de energie este variabil în timp și depinde de numărul de consumatori conectați la un moment oarecare de timp. În consecință, dacă se dorește ca anumiți consumatori să fie alimentați cu energie provenită de la razele Soarelui, este necesar să fie prevăzuți cu elemente corespunzătoare de stocare (acumulare) a energiei.

Caracteristicile pe care trebuie să le îndeplinească o unitate de stocare a energiei solare (în funcție de domeniul de aplicație) sunt următoarele:

- ◆ unitatea de stocare trebuie să fie capabilă să primească energia cu maximum de viteză fără forțe termodinamice excesive (de exemplu diferențe de temperatură, de presiune, de potențial, etc.);
- ◆ unitatea de stocare trebuie să livreze energia cu maximum de viteză (dependentă de scopul instalației) fără a utiliza forțe termodinamice excesive;
- ◆ unitatea de stocare trebuie să aibă pierderi mici (o caracteristică de autodescărcare scăzută);
- ◆ unitatea de stocare a energiei trebuie să fie capabilă să suporte un număr ridicat de cicluri încărcare-descărcare, fără diminuarea substanțială a capacității sale;

- ◆ nu în ultimul rând, unitatea de stocare trebuie să fie ieftină.



Figura 1.8

În sistemele electrice autonome stocarea energiei este asigurată de baterii de acumuloare, iar cele mai folosite sunt bateriile de tip plumb-acid.

Ele sunt de două tipuri:

- ◆ baterii cu electrolit lichid;
- ◆ baterii cu electrolit stabilizat.

În figura 1.8 este prezentată o baterie de acumuloare.

1.7 Echipamente auxiliare

Echipamentele auxiliare sunt necesare pentru utilizarea corespunzătoare a energiei solare. Cele mai utilizate sunt regulatoarele de sarcină și convertoarele statice. Se mai utilizează protecții contra descărcărilor atmosferice, disjunctoare și siguranțe fuzibile.

1.7.1 Regulatori de sarcină

Regulatorii de sarcină controlează fluxul de energie și protejează bateria de supraîncărcare și consumatorul de descărcare accidentală. De asemenea, regulatorii de sarcină asigură supravegherea și siguranța instalației.

În sistemele fotoelectrice se pot utiliza mai multe tipuri de regulatori și anume:

- ◆ regulatori serie;
- ◆ regulatori paraleli;
- ◆ regulatori cu căutarea punctului de putere maximă.

Regulatorii serie conțin un întreruptor între panoul solar și bateria de acumuloare.

Când bateria este încărcată, întreruptorul static se deschide și astfel se protejează bateria de acumuloare de o supraîncărcare. Schema unui regulator serie este prezentată în figura 1.9. De asemenea, schema mai conține un întreruptor care deconectează sarcina (consumatorul) de la baterie.

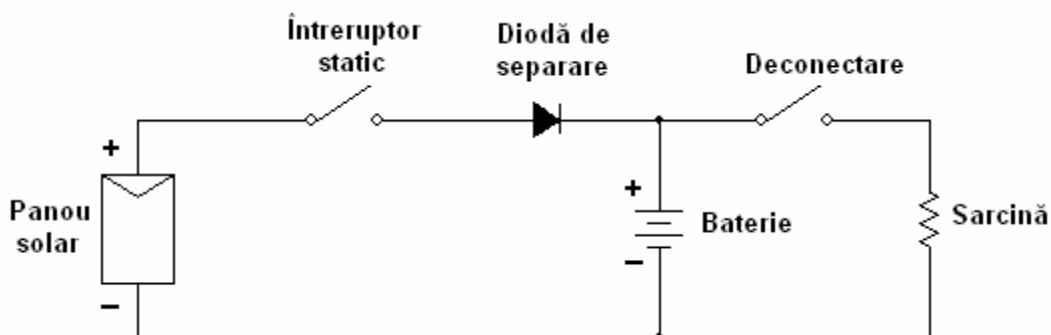


Figura 1.9

Reglatoarele paralel scurtcircuitează panoul solar după ce bateria de acumuloare este încărcată. În timpul încărcării panoul solar este conectat direct la bateria de acumuloare. După ce bateria de acumuloare este încărcată, întreruptorul static se închide și panoul solar va fi în scurtcircuit. Dioda de separare are rolul de a proteja de scurtcircuit bateria de acumuloare. De asemenea schema mai conține un întreruptor care deconectează sarcina (consumatorul) de la baterie. Schema unui regulator paralel este prezentată în figura 1.10.

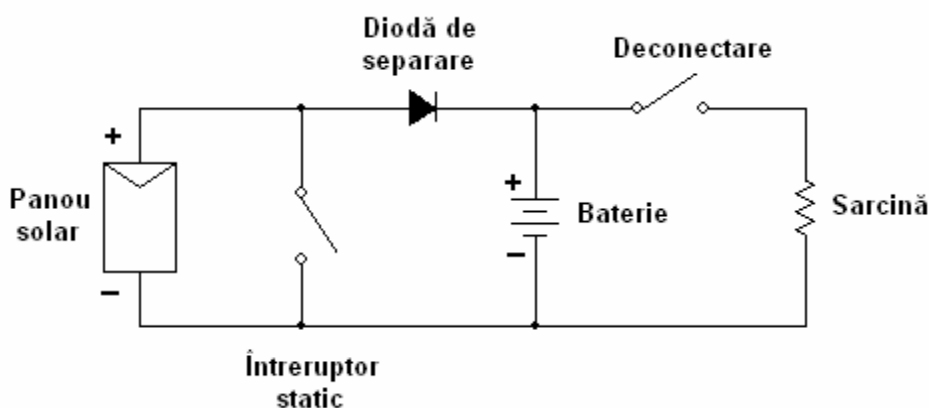


Figura 1.10

Reglatoarele cu căutarea punctului de putere maximă permit extragerea din panoul cu celule solare a maximului de putere.

1.7.2 Converteoare statice

Converteoarele statice adaptează puterea de curent continuu furnizată de panourile solare la cerințele sarcinii. Sunt două tipuri de convertoare statice și anume:

- ◆ **converteoare statice c.c.-c.c.** – adaptează tensiunea de curent continuu obținută de la panourile solare la tensiunea utilizată de sarcină;
- ◆ **converteoare statice c.c.-c.a.** – transformă tensiunea de curent continuu într-o tensiune alternativă. Se mai numesc și invertoare.

Există două tipuri de convertoare statice c.c.-c.c. și anume: ridicătoare de tensiune și coborâtoare de tensiune. În figura 1.11 este schema unui convertor static c.c.-c.c. ridicător de tensiune. Au randament uzual de 70 %, iar la variante performante, randamentul poate crește la 85-90 %.

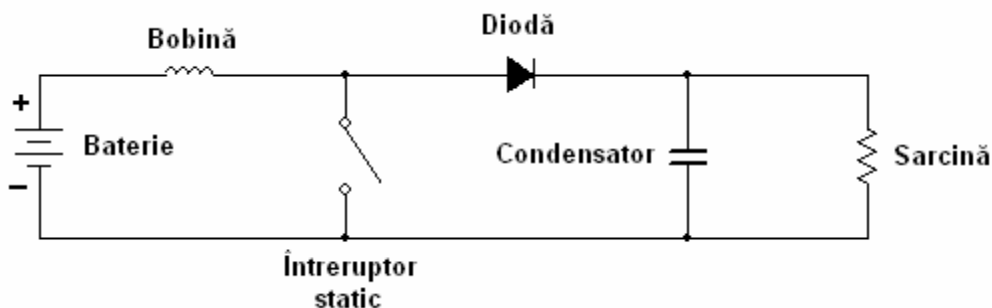


Figura 1.11

În figura 1.12 este schema unui convertor static c.c.-c.c. coborâtor de tensiune. Randamentul acestui tip de convertoare este cuprins între 80-90 %.

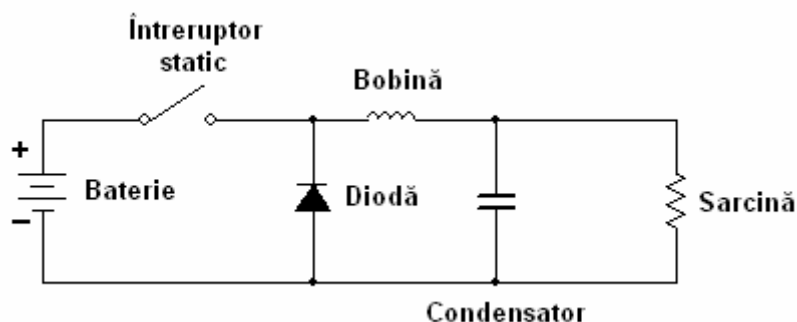


Figura 1.12

1.8 Utilizarea energiei solare

Energia solară are aplicații și utilizări multiple, din care amintim:

- ◆ Alimentarea cu energie electrică a consumatorilor industriali și casnici;
- ◆ Cuptoare solare;
- ◆ Uscătorii solare;
- ◆ Jucării solare;
- ◆ Distilerii solare;
- ◆ Instalații solare pentru desalinizarea apei;
- ◆ Sateliți alimentați cu energie solară;
- ◆ Roboți spațiali alimentați cu energie solară;
- ◆ Nave spațiale interplanetare alimentate cu energie solară;
- ◆ Instalații de climatizare pe timp de vară;
- ◆ Instalații de încălzire pe timp de iarnă;
- ◆ Încălzirea apei menajere;
- ◆ Pile solare;
- ◆ Sobe de gătit solare;

- ◆ Frigidere solare;
- ◆ Case alimentate cu energie și căldură de la soare;
- ◆ Piscine alimentate cu apă încălzită de razele solare;
- ◆ Lămpi solare, care se încarcă cu energie ziua și noaptea emit lumină.
- ◆ Automobile solare.

1.8.1 Automobilul solar

Modul de functionare al unui automobil cu propulsie fotoelectrică este următorul: energia solară captată de panourile solare ale automobilului este furnizată unei baterii de acumulare. Energia electrică furnizată de acumulare este transmisă unui motor electric de curent continuu ce propulsează mașina.

În cazul în care deplasarea se face într-o zonă însorită, energia furnizată de panouri poate servi direct propulsiei, acumulatorii fiind solicitați numai atunci când este umbră sau vehiculul urcă pe o pantă abruptă.

La un automobil, energia electrică este necesară pe lângă alimentarea motorului, la blocul de lumini și la o multitudine de elemente comandate și acționate electric.

În figurile 1.13 și 1.14 sunt prezentate prototipuri de automobile propulsate cu energie solară.



Figura 1.13



Figura 1.14