

SINTEZA

lucrării de cercetare pentru contractul de finanțare 105 / 01.10.2007,
cod CNCSIS 618, intitulat
“CERCETARI INTERDISCIPLINARE DE STABILIRE A LIMITELOR DE POTENTIAL ALE
ENERGIEI SOLARE IN CORPURI SOLIDE PE INTERVALUL INCALZIRE-TOPIRE”

Introducere

Multe dintre sistemele fotovoltaice functioneaza independent de rețeaua electrica. Aceste sisteme sunt alcatuite din: matrici de panouri solare, sisteme de control, sisteme de stocare si consumatori care pot fi DC sau AC. In fig.1 este prezentata schema unui sistem PV.

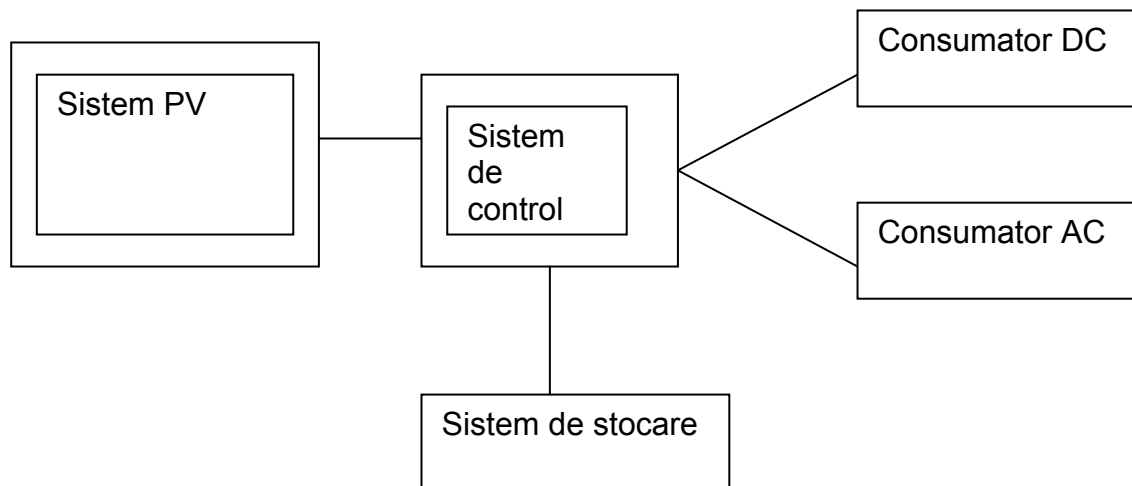


Figura 1. Sistem PV

Matricile de panouri sunt constituite din module care pot fi alcatuite din panouri legate in serie sau paralel in functie de cerinte. Panourile sunt formate in general din 36 de celule legate in serie.

Pentru stocare, dar si pentru a avea o tensiune stabilizata, se utilizeaza bateri specifice sistemelor PV.

Sistemele de control contin reglatoare de incarcare, convertoare care pot fi in functie de necesitati DC-DC sau DC-AC si diode de blocare. Sistemele de control asigura interfata dintre toate componentele sistemului PV, furnizand protectia si controlul sistemului.

1. Fundamentarea tehnico-științifică a utilizării cuptoarelor solare

1.1. Studiu documentar privind cuptoarele solare și importanța condițiilor climatice

Pentru proiectarea unui sistem PV se pleacă de la puterea necesară consumatorului (rezistența de sarcină) care este în acest caz un cuptor electric cu capacitatea de 1l și o putere de 0.55kWh, un cuptor de laborator, timpul de lucru și de la condițiile climatice ale zonei în care este instalat sistemul.

Condițiile climatice sunt redată în fig.2.

Țară	România		
Provincie/Stat	n/a		
Locul datelor meteorologice	Iasi		
Lattitudine	° N	47,2	Sursă
Longitudine	° E	27,6	
Altitudine	m	104,0	Sol
Temperatură de calcul pt. încălzire	°C	-12,9	Sol
Temperatură de calcul pt. răcire	°C	30,2	Sol
Amplitudinea temperaturii solului	°C	22,1	NASA

	Temperatura aerului	Umiditate relativă	Radiație solară zilnică - orizontal	Presiunea atmosferică	Viteza vântului	Temperatura solului	Grade -zile lunare pt.încălzire	Grade -zile pentru răcire
	°C	%	kWh/m ² /zi	kPa	m/s	°C	°C-z	°C-z
Ian	-3,7	83,0%	1,22	99,1	3,1	-4,3	673	0
Feb	-1,8	80,0%	2,03	98,9	3,4	-2,8	554	0
Mar	3,0	72,0%	3,25	98,8	3,6	3,4	465	0
Apr	10,3	62,0%	4,44	98,5	3,5	11,9	231	9
Mai	16,1	61,0%	5,72	98,6	3,1	18,5	59	189
Iun	19,2	62,0%	6,28	98,5	2,9	21,2	0	276
Iulie	20,5	60,0%	6,17	98,5	2,6	23,4	0	326
Aug	19,9	63,0%	5,50	98,6	2,4	23,3	0	307
Sept	15,9	66,0%	4,06	98,8	2,7	17,8	63	177
Oct	10,0	73,0%	2,56	99,1	2,7	10,9	248	0
Nuv	4,3	81,0%	1,25	99,0	3,1	2,5	411	0
Dec	-0,6	85,0%	0,92	99,1	2,9	-3,2	577	0
Anual	9,5	70,6%	3,63	98,8	3,0	10,3	3.281	1.284
Sursă	Sol	Sol	Sol	NASA	Sol	NASA	Sol	Sol

Figura 2.

Dupa cum se poate observa din coloana care ofera radiatia solara orizontala medie pe zile, avem cantitatea suficienta de radiatie pentru a produce puterea necesara consumatorului, care este de 0.55 kWh . Orientand sistemul la un unghi de inclinare optim se poate obtine o crestere semnificativa a radiatie ce poate fi utilizata. Daca se foloseste un sistem de tip tracking se va obtine o cantitate marita cu pana la 40%, vezi figura 3 in care sunt considerate si pierderile din sistem.

PV electricity generation for: Nominal power=1.0 kW, System losses=24.0%				
	Inclin.=37 deg., Orient.=0 deg.		2-axis tracking system	
Month	Production per month (kWh)	Production per day (kWh)	Production per month (kWh)	Production per day (kWh)
Jan	44	1.4	54	1.7
Feb	61	2.2	77	2.7
Mar	94	3.0	120	3.9
Apr	99	3.3	131	4.4
May	119	3.8	169	5.4
Jun	115	3.8	167	5.6
Jul	122	3.9	174	5.6
Aug	123	4.0	171	5.5
Sep	103	3.4	135	4.5
Oct	86	2.8	109	3.5
Nov	48	1.6	58	1.9
Dec	37	1.2	45	1.5
Yearly average	88	2.9	117	3.9
Total yearly production (kWh)		1050		1410

Figura 3. Comparatie intre sistem fix la unghi optim de 37⁰ si sistem tracking.

Pentru un sistem PV care sa ofere in conditii standard 1 kW se pot utiliza 8 module de tipul Mitsubishi PV-MF 130 EA2LF, siliciu policristalin, 8 x 130Wp = 1.04 kW.

Pentru acest sistem sunt necesare 3 baterii de 130Ah, 12V, acestea asigurand si o rezerva de 2 zile de functionare chiar daca nu este soare. Calibrarea sistemului de stocare se face in functie de timpul de utilizare si de zilele in care sistemul furnizeaza energie de la baterii.

Regulatorul de incarcare pentru baterii are ca functie primara oprirea incarcarii cand bateriile sunt complet incarcate. Alte functii sunt : deconectarea consumatorului cand tensiunea in baterii este mica, compensarea temperaturii etc.

Diodele de blocare sunt utilizate pentru evitarea descarcarii bateriilor, pe celule, pe timp de noapte sau cand sunt zile noroase.

Pentru unele sisteme se poate utiliza MPPT (maximum power point trackers). Scopul acestui dispozitiv este de a mentine tensiunea de operare a sistemului la tensiunea maxima independenta de schimbarile rezistentei de sarcina.

1.2. Determinarea aranjamentului geometric și a componentelor unui cuptor solar utilizat la procesarea materialelor metalice și nemetalice

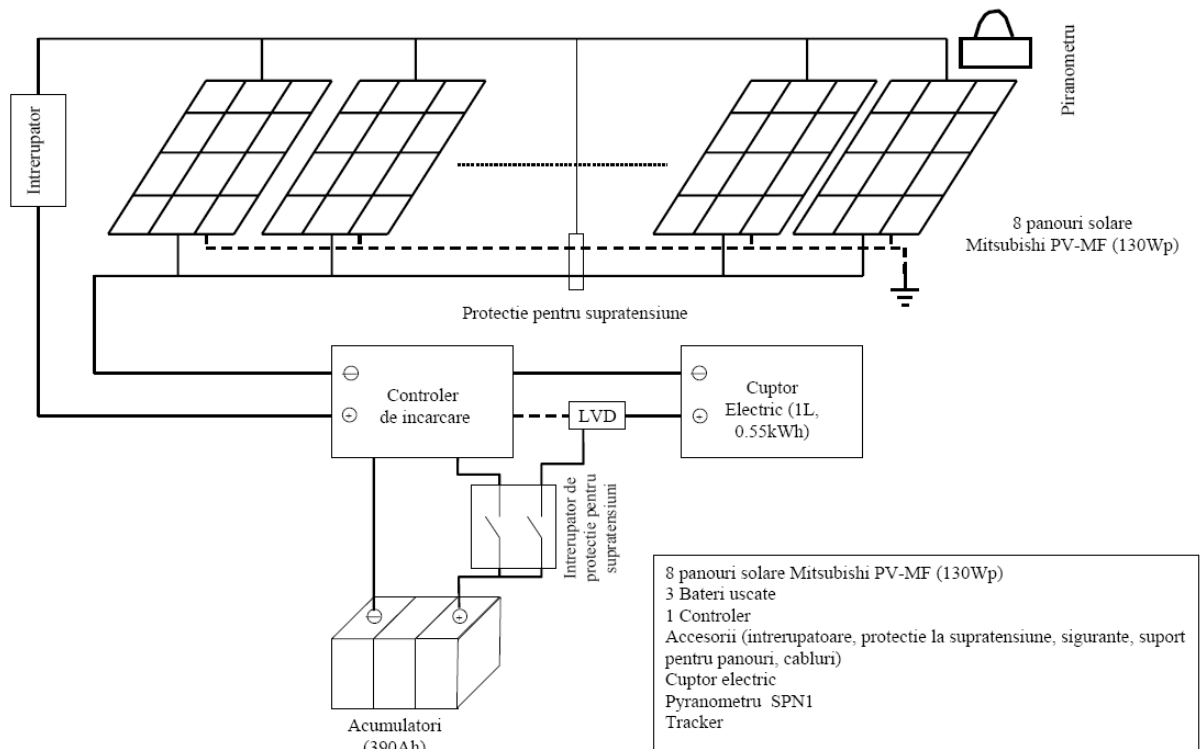


Figura 4. Schema sistem electric cu PV pentru curent continuu.

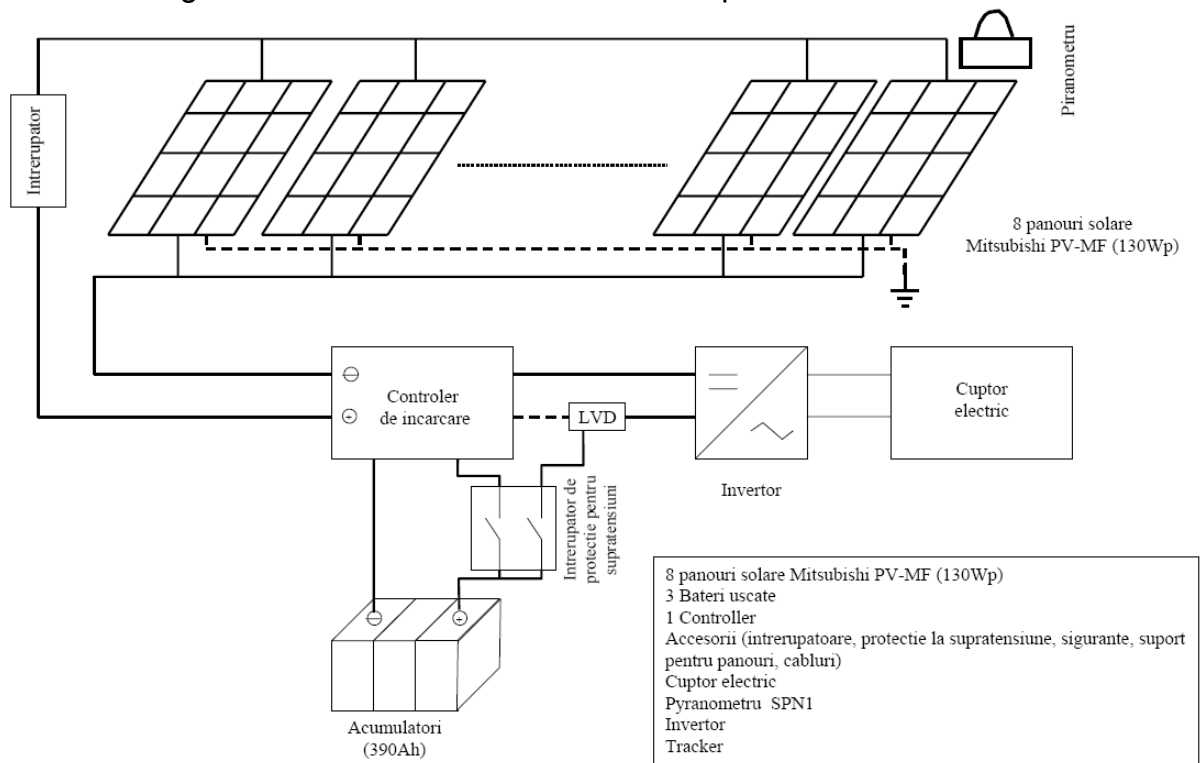


Figura 5. Schema sistem electric cu PV pentru curent alternativ.

2. Analiza procesului de încălzire în cuptoare solare

2.1. Modelul matematic al regimului de încălzire în incinta de lucru a unui cuptor solar

Factorii care influențează performanțele cuptorului solar utilizat în aplicațiile industriale care impun obținerea unor densități mari ale puterii radiante și deci necesită o perfecțiune geometrică a concentratorului sunt împărțiți în trei categorii:

- prima categorie este legată de geometria de bază a concentratorului parabolic, definită prin distanța focală, f , și deschiderea acestuia, D . Odată alese acestea, rezultă dimensiunile imaginii solare, factorul de concentrare, precum și valorile maxime ideale ale temperaturii și densității de putere radiantă în imagine, indiferent de construcția concentratorului și de locul unde este instalat acesta.
- a doua categorie cuprinde factorii care reduc performanțele cuptorului solar datorită construcției sale și a locului unde este el instalat. Acești factori sunt: factorul energetic de transmisie al atmosferei, factorul energetic de reflexie direcțională al oglinzilor și indicele de perfecțiune geometrică al concentratorului parabolic.
- a treia categorie include factorii legați de proprietățile receptorului: factorii energetici de absorbție și de emisie ai acestuia, precum și pierderile de căldură care au loc prin conducție și convecție.

Puterea potențial disponibilă P_f în imaginea Soarelui din planul focal al unui cuptor solar este dată de relația:

$$P_f = \pi R_d D_a E_0 f^2 \sin^2 \theta_{\max} \quad (1)$$

în care:

R_d – factorul energetic de reflexie direcțională al oglinzii parabolice (inclusiv heliostatele, dacă acestea există);

D_a – factorul energetic de transmisie al atmosferei în locul de instalare a cuptorului;

$E_0 = 1353 \text{ W/m}^2$ – constantă solară;

f – distanța focală;

θ_{\max} – unghiul de deschidere al concentratorului parabolic.

Dacă în imaginea solară se dispune un corp solid, fracțiunea din energia potențial disponibilă care este absorbită efectiv de corp va fi determinată de factorul de absorbție și de forma acestui corp–receptor. Ca atare, temperatura maximă care poate fi obținută într-un cuptor solar depinde de proprietățile receptorului dispus în zona focală a cuptorului:

$$T_{\max} = T_s (R_d D_a)^{\frac{1}{4}} (\sin \theta_{\max})^{\frac{1}{2}} \quad (2)$$

în care $T_s = 5800 \text{ K}$ – temperatura la suprafața soarelui.

2.2. Determinarea parametrilor tehnologici implicați în procesul de încălzire dintr-un cuptor solar

Cele mai importante cercetări vor face referire la comportarea unor metale și materiale refractare la temperaturi ridicate, la purificarea unor materiale, precum și la realizarea unor sinteze chimice.

Principalul parametru tehnologic este temperatura obținută prin concentrarea razelor soarelui. Această temperatură poate fi utilizată de cuptor pentru producerea de material metalic în creuzet, fără altă sursă de energie complementară pentru realizarea procesului termic.

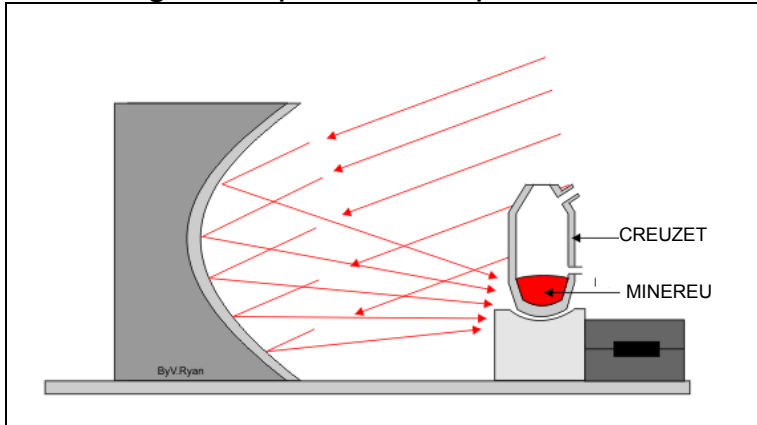


Figura 6.

razele soarelui pot fi focalizate spre creuzetul unde se găsește minereul. Acesta este încălzit la o temperatură foarte ridicată, până când devine topitură și apoi poate fi turnat. Poluarea este practic inexistentă deoarece energia solară este o formă curată de energie.

Una dintre aplicațiile cele mai importante ale cuptoarelor solare este aceea a topirii materialelor cu punct de topire foarte ridicat.

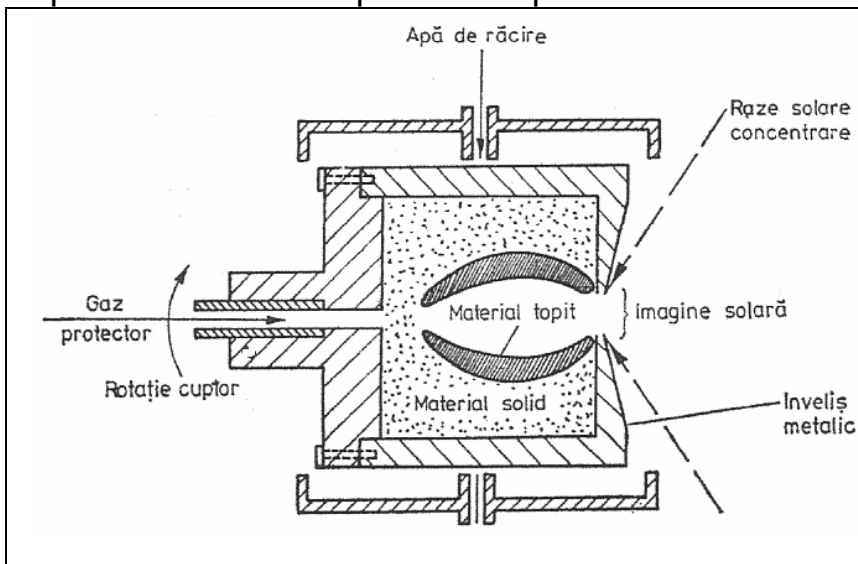


Figura 7.

Producția de oțel sau aluminiu necesită cantități foarte mari de energie. Aceasta este furnizată în mod normal de energia electrică, gaze naturale sau combustibili convenționali. Cuptorul solar utilizează energia furnizată de puterea soarelui. Se observă în imagine cum

Dacă suprafața unui material solid este expusă radiației foarte intense din zona focală a unui cuptor solar, are loc topirea materialului pe o porțiune a cărei arie este aproximativ egală cu aria imaginii Soarelui. Pe măsură ce căldura pătrunde în solid, cantitatea de material topit crește și se formează

o cavitate lichidă. Printr-un astfel de proces este posibil să se obțină topirea într-un creuzet realizat chiar din materialul care urmează a fi topit;

aceasta, datorită existenței unui gradient ridicat de temperatură între materialul topit și exteriorul creuzetului.

În cuptoarele convenționale creuzetul este încălzit din exterior și, ca atare, el se află întotdeauna la o temperatură mai ridicată decât a materialului topit. De aceea, în astfel de cuptoare, creuzetul trebuie construit dintr-un material mai refractar decât materialul care urmează a fi topit; în plus, el trebuie să fie inert din punct de vedere chimic față de materialul de topit. Dificultățile de realizare a acestor două condiții cresc pe măsură ce punctul de topire al materialului studiat este mai ridicat, iar peste 2000 °C sunt puține șanse de a evita reacțiile chimice. Folosirea cuptoarelor solare la topirea materialelor cu refractaritate ridicată înlătură aceste limitări importante ale cuptoare convenționale. Astfel, topirea se poate realiza în cuptoare cu axă orizontală. Cuptorul este rotit în jurul axei orizontale și are diametrul interior de câteva ori mai mare decât diametrul imaginii solare. Dacă viteza de rotație este scăzută, materialul topit rămâne la partea inferioară a cuptorului, iar rotirea ajută la obținerea unei distribuții uniforme a căldurii. Pentru viteze de rotație mai ridicate, materialul topit este centrifugat – formându-se o cavitate – ceea ce nu permite scurgerea lui din cuptor. Pereții exteriori ai cuptorului – realizați, de exemplu, din oțel – pot fi răciți cu apă în scopul de a menține (dacă este necesar) un gradient de temperatură ridicat prin pereți. În situațiile în care topirea ar trebui să se realizeze într-o anumită atmosferă protectoare, se trece un curent de gaz adecvat așa cum este indicat în figură. Printre materialele care se pot studia sunt: cuarțul, bioxidul de zirconiu, corindonul, oxizi ceramici, precum și materialele de tipul carburilor, nitrurilor și borurilor, pentru care tehnicile de topire convenționale prezintă o serie de inconveniente.

De asemenea, se poate studia posibilitate practică de utilizare a cuptoarelor solare pentru topirea oțelurilor. Din punct de vedere tehnic, creuzetul se poate obține ușor prin introducerea în cavitatea cuptorului a unei pulberi refractare (de exemplu, mullit) și sinterizând-o sau chiar topind-o prin centrifugarea cuptorului expus radiației solare. După aceea se introduce în cuptor fierul vechi, se topește și apoi – dacă este necesar – se toarnă în forme. Performanțele unui astfel de cuptor solar nu trebuie să fie deosebite întrucât sunt suficiente temperaturi de 2000 – 2500 °C.

Pentru viitor, un interes mai mare îl prezintă topirea altor metale, mai scumpe decât oțelul, cum ar fi titanul, zirconiu și molibdenul. În cazul acesta, trebuie asigurată o atmosferă protectoare inertă și, în consecință, trebuie avute în vedere complicațiile și cheltuielile legate de acestea.

Alte aplicații ale cuptoarelor solare: evaporarea impurităților, topirea zonală, cristalizarea fracționată, extragerea oxidului de zirconiu din zircon (silicatul de zirconiu), precum și studiul materialelor în condiții de șoc termic.

Director de proiect,
Conf. dr. ing. Petrică VIZUREANU
