



A XII-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2012

CONCENTRATOARE DE RADIAȚIE SOLARĂ PENTRU CONVERSIA HELIOTERMICĂ

Paula CÂMPAN, Cristina Daniela DEAC

CONCENTRATORS OF SOLAR RADIATION FOR HELIO THERMIC CONVERSION

Solar energy has the greatest potential of all renewable energy and it is used in broad areas of activity, especially for hot water production. Converting solar energy into thermal energy is realized in solar collectors. Solar radiation represent the way to the future world economy.

Cuvinte cheie: radiație solară, colectori, conversie, captatori solari
Keywords: solar radiation, collectors, conversion, solar collectors

1. Caracteristici ale radiației solare

Energia solară totală absorbită într-un an de zile de atmosfera terestră, mări, oceane și pământ are valoarea de 3.850 ZJ (1 ZettaJoule = 10^{21} Joule). Cantitatea de energie solară care cade pe suprafața planetei Pământ în timp de un an este aproximativ de două ori mai mare decât întreaga energie care ne stă la dispoziție pe Terra din toate sursele de energie neregenerabile (cărbune, petrol, gaz natural, uraniu) cunoscute.

Puterea solară totală incidentă pe Terra are cel mai mare potențial și anume de 89.000 TW, comparativ cu celelalte forme de energii regenerabile: vânt 870 TW, geo-termală 32 TW și respectiv față de consumul global de putere (15 TW) [5].

Ponderea principalelor componente ale radiației solare este:

- radiație ultravioletă (0,28 ÷ 0,38) μm 3 %
- radiație vizibilă (0,38 ÷ 0,78) μm 42 %
- radiație infraroșie (0,78 ÷ 2,50) μm 55 %

Constanta solară măsurată în straturile superioare ale atmosferei terestre, perpendicular pe direcția razelor solare este de aproximativ 1350 W/m^2 , reprezentând o valoare medie anuală măsurată cu ajutorul sateliților de cercetare științifică [2].

Intensitatea radiației solare la nivelul solului terestru este influențată de modificarea permanentă a câtorva parametri importanți cum sunt:

- înălțimea soarelui pe cer (unghiul format de direcția razelor soarelui cu planul orizontal);
- unghiul de înclinare a axei Pământului;
- modificarea distanței de Pământ–Soare (aproximativ 149 milioane km pe o traiectorie eliptică, ușor excentrică);
- latitudinea geografică.

2. Captatoare solare cu concentrarea radiației

Conversia energiei solare în energie termică, este realizată în captatori solari, având funcționarea bazată pe diverse principii constructive. Indiferent de tipul captatorilor solari, pentru ca randamentul conversiei energiei solare în energie termică să fie ridicat, este important ca orientarea captatorilor spre Soare să fie cât mai corectă.

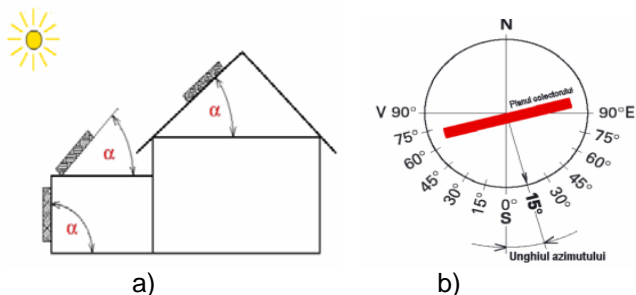


Fig. 1 a) unghiul de înclinare fata de orizontala; b) unghiul azimutului

Poziția captatorilor solari este definită prin două unghiuri (figura1), a) unghiul de înclinare față de orizontală și b) unghiul azimutului, reprezentând orientarea față de direcția sudului.

3. Calculul factorului de concentrare

Din punct de vedere energetic interesează ca radiația reflectată de concentrator să fie integral interceptată de receptor. Din acest motiv factorul de concentrare teoretic se definește ca raportul între suprafața oglinzii (apertura) proiectată pe un plan perpendicular pe direcția radiației solare și suprafața plasată în focar, pe care cad toate razele reflectate de oglindă, presupunând că orientarea este perfectă și oglinda este perfectă geometric și perfect reflectantă.

Astfel definit, factorul teoretic de concentrare este o caracteristică pur geometrică a concentratorului, depinzând numai de unghiul sub care se vede Soarele de pe Pământ și de forma geometrică a oglinzii.[1]

Factorul de concentrare optică este dat de relației:

$$C_{\text{optic}} = \frac{\text{Aria suprafeței deschiderii oglinzii}}{\text{Aria suprafeței deschiderii receptorului}} = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \quad (1)$$

4. Randamentul colectoarelor solari termici

Randamentul colectoarelor solari η , reprezintă eficiența cu care este transformată radiația solară în căldură și poate fi calculat cu relația:

$$\eta = \frac{q_u}{I_g} \quad (2)$$

unde: q_u – este densitatea fluxului de căldură utilă, acumulată în agentul termic din colectori, $[W/m^2]$;
 I_g - densitatea fluxului radiației solare globale, $[W/ m^2]$.

$$\eta = \frac{q_u}{I_g} = \frac{q_0 - q_p}{I_g} = \frac{q_0}{I_g} - \frac{q_p}{I_g} \quad (3)$$

unde: q_0 - densitatea fluxului termic incident pe suprafața absorbantă, transformată efectiv în căldură transmisă agentului termic din colectorul solar, $[W / m^2]$;
 q_p - densitatea fluxului termic pierdut în mediul ambiant, de la agentul termic, $[W / m^2]$.

Raportul dintre q_0 și I_g reprezintă o mărime caracteristică importantă a colectoarelor solari, denumită *randament optic* și notată η_0 :

$$\eta_0 = \frac{q_0}{I_g} \quad (4)$$

Densitatea fluxului termic q_0 produs de colectorul solar, depinde atât de proprietățile sticlei colectorului solar, cât și de proprietățile materialului care acoperă suprafața absorbantă. Randamentul optic poate fi determinat în funcție de cele două proprietăți ale învelișului transparent, cu ajutorul relației:

$$\eta_0 = \tau \cdot \alpha \quad (5)$$

unde: τ - este factorul de transmisie, al materialului transparent (de regulă sticlă), care acoperă și izolează colectorul asigurând și rezistența mecanică a acestuia;
 α - factorul de absorbție al materialului absorbant.

Densitatea fluxului termic pierdut în mediul ambiant q_p , se poate determina cu expresia:

$$q_p = k \cdot \Delta t \quad (6)$$

unde: k - coeficientul global de transfer termic între colector și mediul ambiant, $[W m^2K]$. Valorile uzuale ale coeficientului global de transfer termic sunt de 2...4 $[W m^2K]$;
 Δt - diferența dintre temperatura medie a colectorului (care poate fi considerate temperatura medie a agentului termic) și temperatura mediului ambiant.

Înlocuind în relația (3) pentru calculul randamentului colectoarelor, se obține:

$$\eta = \eta_0 - k_1 \cdot \frac{\Delta t}{l_g} - k_2 \cdot \frac{\Delta t^2}{l_g} \quad (7)$$

unde: η_0 - este randamentul optic, ce ține seama de eficiența cu care este absorbită energia radiației solare;

k_1, k_2 - factori de corecție caracteristici pierderilor termice, [W m² K];

Δt - diferența dintre temperatura medie a agentului termic din colector și temperatura mediului ambiant;

Factorii de corecție k_1 și k_2 caracteristici pierderilor termice care se manifestă în colectorii solari, datorită diferenței de temperatură dintre agentul termic încălzit de radiația solară și mediul ambiant, depind de construcția colectoarelor.

5. Calculul sarcinii termice a captatoarelor solari

Se va considera cazul în care panourile solare sunt utilizate pentru încălzirea apei calde menajere, acesta fiind cea mai importantă aplicație pentru panourile solare.

Încălzirea clădirilor cu ajutorul energiei solare este mai dificil de realizat, în primul rând pentru că în perioadele reci ale anului, când necesarul de sarcină termică pentru încălzire este important, intensitatea radiației solare prezintă valori foarte reduse și este dificil de captat și de utilizat în aceste condiții.

Sarcina termică necesară pentru încălzirea apei calde menajere se calculează cu relația:

$$\dot{Q}_{acm} = \frac{n \cdot m \cdot c \cdot (t_b - t_r)}{\tau \cdot 3600} \text{ [kW]} \quad (8)$$

unde: n - numărul de persoane;

m - cantitatea de apă caldă menajeră considerată ca și consum zilnic, [kg];

c - căldura specifică a apei, mărime care variază ușor cu temperatura, [kJ/kgK]

t_b - temperatura apei din boiler, [°C];

t_r - temperatura apei reci, la intrarea în boiler, [°C];

τ - durata perioadei de încălzire a apei calde considerate, [h]

Energia solară se poate utiliza în toate domeniile de activitate și pentru diferite procese cum sunt cele prezentate în tabelul 1.

Tabelul 1

INSTALAȚII	TEMPERATURI	DOMENIU
Colector plan	100 °C	încălzire, preparat apă caldă, uscare, desalinizare
Colector cu concentrator cilindric – parabolic	300 – 500 °C	de producere a apei fierbinți și a aburului
Colector cu concentrator de revoluție	600 – 900 °C	procese tehnologice de descompunere a unor substanțe pentru producere de lucru mecanic și energie electrică
Sisteme de concentrare a radiației cu heliostate și receptor turn	3000 – 5000 °C	pentru determinarea performanțelor diferitelor materiale la temperaturi înalte

6. Concentratoare cu oglinzi și lentile Fresnel

Colectoarele Fresnel sunt colectoare cu concentrarea radiației solare, necesară pregătirii apei calde menajere.

Sunt două variante constructive, reprezentate în figura 2, a) colector cu lentile Fresnel și b) reflector Fresnel liniar.

Primul este fabricat dintr-un material plastic și conturat în așa fel încât să concentreze radiația punctual. Al doilea este de forma unei rețele de oglinzi liniare ce concentrează radiația pe un receptor tubular. Cel din urmă poate fi văzut ca un colector cilindro-parabolic, dar la care forma oglinzii nu reprezintă o parabolă, ci este plană. Dezavantajul câmpurilor cu oglinzi liniare este că necesită suprafețe mari, pentru a nu se umbri unele pe altele. Eficiența colectoarelor solare Fresnel se exprimă cu relația:

$$\eta = \int_{\tau_1}^{\tau_2} Q_u \frac{d\tau}{\left[S_c \int_{\tau_1}^{\tau_2} (E \cdot k) d\tau \right]} \quad (9)$$

unde: E - este iradiația directă, [W/m²]; K – coeficientul global de transfer de căldură al colectorului, [W/m²K]; S_c – suprafața expusă la soare a colectorului, [m²].

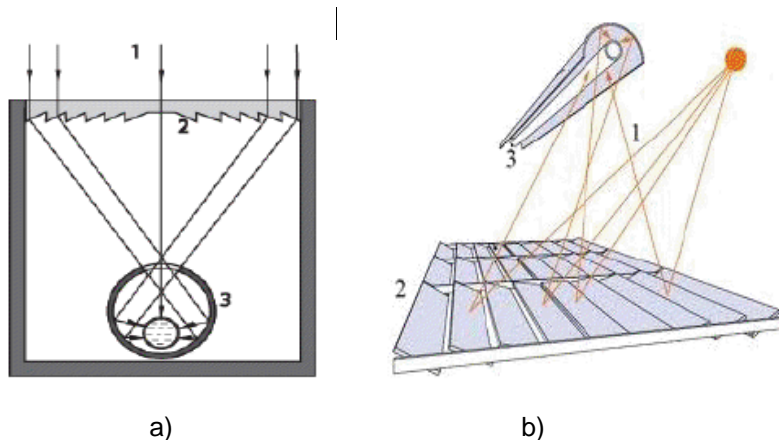


Fig. 2 Concentratoare tip Fresnel

- a) Colector cu lentile Fresnel: 1 – razele solare; 2 – lentila liniara Fresnel; 3 – receptor; b) Reflector Fresnel liniar: 1 – razele solare; 2 – oglinzi Fresnel; 3 - receptor

7. Concluzii

■ Dintre toate energiile regenerabile, energia solară are cel mai mare potențial, deoarece lumina soarelui există pretutindeni și va constitui una din sursele de energie ale viitorului.

■ Aceasta poate fi produsă și utilizată într-o arie foarte largă de aplicații. În funcție de domeniul în care dorim să folosim radiația solară și de temperatură specifică acestuia se utilizează mai multe tipuri de colectoare. De exemplu, pentru obținerea unei temperaturi de $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ utilizată la încălzire, uscare sau desalinizare se folosesc instalațiile cu captatoare plane.

■ Însă, pentru domeniile în care sunt necesare temperaturile foarte înalte cum ar fi $3000\text{-}5000\text{ }^{\circ}\text{C}$ la determinarea performanțelor diferitelor materiale la temperaturi înalte se utilizează sisteme de concentrare a radiației.

■ De un interes deosebit se bucură concentratoarele de tip Fresnel.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Dănescu, A., Bucurenciu, S., Petrescu, S., *Utilizarea energiei solare*, Editura tehnică, București 1980.
- [2] Bălăn, M., *Energii regenerabile*, Editura U.T.PRESS, Cluj-Napoca, 2007.
- [3] Băican, R., *Energii regenerabile*, Editura Grinta, Cluj-Napoca, 2010.
- [4] * * * <http://www.scribd.com/doc/46811677/Raport-Tehnic-Energia-Solara>.
- [5] * * * <http://www.et.upt.ro/admin>.
- [6] * * * <http://universulfaralumina.wikidot.com/oglinzile-lui-fresnel>.
- [7] * * * <http://textedu.com/f2/download/energia-solara.pdf>.
- [8] * * * www.viessmann.com

Stud. anul IV IPMI, Paula CÂMPAN
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
paula_campan@yahoo.com

Șef lucr.Dr.Ing. Cristina Daniela DEAC
Universitatea Tehnică din Cluj-Napoca,
membru AGIR