

SISTEME HIBRIDE ACTUALE DE PRODUCERE A ENERGIEI ELECTRICE ȘI TERMICE

Teodor POP*, Radu-Dumitru PENTIUC, Laurențiu-Dan MILICI, Cezar-Dumitru POPA, Constantin UNGUREANU

*Electrotehnică, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor,
Universitatea "Stefan cel Mare" Suceava, Suceava, România*

*Teodor POP, teodor.pop@usm.ro

Rezumat. Această lucrare prezintă stadiul actual al unor tipuri de centrale hibride de producere a energiei electrice și termice implementate pe plan mondial. În prima parte sunt analizate centralele hibride PV-CSP ce produc energie electrică și termică prin metoda solară concentrată și analiza principalelor modele de centrale, iar în cea de-a doua parte a lucrării sunt descrise centralele pentru producerea energiei termice prin combinația dintre energia solară cu energia biomasei. De asemenea, sunt analizate randamentele maxime obținute în condiții climatice optime ale CSP, funcție de tipul concentratoarelor solare, evoluția lor pe plan mondial, modele de sisteme hibride ce folosesc atât energia solară, cât și cea a biomasei, principiul de funcționare, aplicații comerciale, avantajele și dezavantajele lor, urmate de concluzii cu referire la tipurile de centrale hibride studiate.

Cuvinte cheie: pv-csp, fotovoltaic, centrale, biomasă, energie, randament.

Introducere

Problema cea mai importantă a zilelor noastre este încălzirea globală, problemă pe care majoritatea conducătorilor din țările dezvoltate o pun ca fiind prioritară pe ordinea de zi. Această problemă se poate rezolva prin reducerea gazelor cu efect de seră (GES), utilizând surse cât mai prietenoase cu mediul înconjurător, reducând utilizarea combustibililor convenționali, exemplu fiind dat de sursele fotovoltaice, eoliene și sistemele hibride, centralele hibride de producere a energiei electrice și termice, ce folosesc resurse regenerabile. Monitorizarea acestor sisteme vine la pachet cu îmbunătățirea eficienței și a randamentului sistemului utilizat [1]. Ansamblul proceselor fotovoltaice au devenit importante, chiar principale în sectorul realizării de energie electrică la nivel mondial [10]. Energia curată, verde, este sursa viitorului, ea fiind o resursă autentică, nepoluantă, interminabilă. Metodele dezvoltării unor surse noi de energie verde este în creștere în ultimii ani, de aceea, achiziția unor astfel de surse a devenit mai ușor de accesat datorită prețului în continuă scădere. Montarea unor surse pentru o energie regenerabilă reprezintă modalitatea adecvată atât pentru zonele cu opriri, suspendări temporare de curent sau izolate, cât și pentru utilizatorii care vor să-și reducă cheltuielile cu energia electrică [1], [6].

Cea mai importantă dintre sursele regenerabile cu o influență majoră pe piață este energia soarelui, obținută și transformată în energie electrică și termică cu participarea ansamblurilor de elemente fotovoltaice și a celor din categoria hibridă. În același timp cu înnoirea și îmbunătățirea panourilor fotovoltaice au apărut și sisteme actuale de analiză de la distanță și supraveghere a calității și eficienței energiei, cu ajutorul unor planuri, cu scopul de a crește eficiența unui sistem instalat [7]. Unitățile fotovoltaice sunt izvoare de energie regenerabilă ce au un interval de viață a echipamentelor cuprinsă între 25-40 ani, au costuri minime de întreținere, recuperare rapidă, fiind cele mai curate sisteme prin care se poate obține energie electrică și termică [7].

Prețul modulelor fotovoltaice a scăzut procentual cu aproape 50%. Aceste schimbări aduc această tehnologie importantă de energie regenerabilă mai aproape de alternativele competitive la combustibilii fosili (de exemplu cărbunele și gazul natural). Celulele solare fotovoltaice sunt una dintre tehnologiile energetice cu cea mai rapidă dezvoltare pe plan mondial, cu un raport mediu anual de dezvoltare de aproximativ 40% în ultimii zece ani [6], [7].

Prin utilizarea energiilor regenerabile se contribuie la o creștere a autonomiei clădirilor privind consumul de energie electrică, aceasta făcând ca într-un viitor apropiat ele să aibă propriile panouri solare, cazane de biomasă sau puncte de încărcare a mașinilor electrice în garașul comunitar sau spații comunitare [14]. Așa cum se reflectă în statisticile furnizate anual de Agenția Internațională pentru Energie (AIE), de la o pondere globală a surselor regenerabile de 26% în anul 2018, se preconizează că se va ajunge la 44% în anul 2040. Prin tehnologiile fotovoltaice și eoliene, hibride PVT, se vor furniza două treimi din creșterea cererii de energie electrică în această perioadă [14].

Pornind de la aceste sisteme hibride ce produc atât energi electrică cât și termică din resurse regenerative, se urmărește în cercetările viitoare intenția de îmbunătățire și optimizare din punct de vedere al geometriei și al factorilor ce influențează eficiența electrică și termică a unităților hibride PVT, creșterea randamentului modulelor, îmbunătățirea performanțelor modulelor hibride PVT folosind tehnologii și componente noi [14].

Centrale hibride de producere a energiei electrice și termice

Tehnologiile de schimbare a energiei solare în putere electrică și termică sunt diverse. Cea mai ușoară metodă o reprezintă folosirea panourilor și a elementelor fotovoltaice ce obțin schimbarea directă în curent continuu, prin efectul fotoelectric [4]. Alt tip de conversie a radiației solare o reprezintă transformarea indirectă, ce se realizează cu sprijinul dispozitivelor de comutație solare sau al lentilelor. Metoda solară concentrată (PV-CSP) face ca radiația luminoasă să fie concentrată pe un sistem de transformare a căldurii, energia este apoi transmisă unui fluid. Apoi, procesului i se aplică de regulă o serie de operații convenționale de producție a energiei electrice (ca exemplu: vapori (gaze)-turbina (mașină de forță)-generator de curent) [4]. Al treilea tip de conversie este o combinație dintre un dispozitiv de comutație solar și o mașină de forță Stirling, motor ce pune în mișcare un generator electric. Aceste sisteme au nevoie de orientare automată a oglinzilor și un proces de întreținere permanent în cazul producției centralizată de energie [4].

Centrale hibride PV-CSP (Concentrating Solar Power) de producere a energiei electrice și termice

La centralele solare termo-electrice concentrarea radiației luminoase deasupra unui sistem tehnic numit schimbător de căldură este transmisă unui lichid (ciclul Clausius Rankine). Fluidul din schimbătorul de căldură este știut, recunoscut sub numele de HTF (Heat Transfer Fluid-Fluid de transfer de căldură). În acest fel se obține un model de producție a energiei electrice cu comasarea forței și capacității solare (CSP-Concentrating Solar Power). Centrala CSP poate să funcționeze independent sau în același timp cu o centrală convențională, astfel realizându-se economii de combustibili fosili [6]. Sistemele CSP se pot clasifica în două grupe: după tehnologia de producție și după modul de aranjare al colectoarelor solare [4].

La sistemele CSP cu generare directă de aburi, apa este lichidul principal ce preia energia de la soare care apoi trece în etapa de vapori supraîncălziți (temperaturi de până la 500°C) [7]. Aburii alimentează turbina care, la rândul ei, este cuplată la un generator. Tehnologia cu generare directă de aburi are un randament ridicat, un consum mai redus de energie folosit la pomparea unui agent termic intermediar (HTF), nu este necesar și un schimbător de căldură [9].

La CSP cu două trasee termice și cu două operații-sucesiuni de cedare de căldură, energia solară din primul circuit este preluată de o substanță, sare topită sau un ulei sintetic, apoi mutată prin transfer către un al doilea lichid, care este de obicei apa, printr-un schimbător de căldură secundar, antrenând ansamblul turbină-generator [12].

Sistemele CSP ce au colectoare cu focalizare liniară pot utiliza jgheaburi parabolice sau reflectoare Fresnel (oglinzi liniare ce sunt înclinate și reflectă radiația spre colector). La aceste sisteme este nevoie de un ansamblu de elemente ce se orientează după o singură axă [6]. Instalațiile centralelor ce folosesc reflectoare Fresnel folosesc metode cu producere directă de abur în colectoare, lucrând cu presiuni de aproximativ 55 bar [4], [11].

La categoria sistemelor CSP cu concentrare într-un focar sunt folosite o serie de oglinzi discoidale parabolice sau turnuri solare (heliostate-un câmp de oglinzi), cu focalizarea asupra unui punct ce se află într-un turn. Aici este nevoie de un sistem ce se orientează după două axe. Dispozitivul destinat să primească energia este un schimbător de căldură ce utilizează, aer sau săruri topite, ori apă ca agent termic, dacă se aplică tehnologia producerii directe de abur [4].

Centrale cu energie solară ce au în compoziție metode de înmagazinare a energiei termice sunt folosite pentru a produce energie electrică din energie termică pe perioadele înnoțate sau pe timpul nopții, au în componență două rezervoare în care mediul de stocare (un lichid) este format dintr-un amestec eutectic (amestec de substanțe unde temperatura de schimbare a stării-topită sau solidificată este mai mică decât temperaturile de schimbare a stării ce corespunde la oricare din substanțele din structură) de azotat de potasiu (procent de 40%) și sodiu (60%) [4]. Pierderile de căldură au valori reduse, aproximativ 1-3% la un sistem de acumulare pentru un interval de 15 ore, cu o investiție ce poate fi de 20 de ori mai mică decât pentru varianta de stocare a surplusului de energie în baterii [5].

Centrale solare cu jgheaburi parabolice sunt comercializate la scară largă. Acestea captează radiația solară sunt așezate pe rânduri paralele, orientate de obicei în direcția nord-sud; rândurile pot avea lungimi între 20-150 metri. Pentru transferul de căldură se pot folosi săruri, uleiuri minerale, gaze (CO₂, N₂) sau abur. Pentru cazul uleiurilor minerale și al sărurilor topite este nevoie de un schimbător de căldură pentru transferul energiei termice spre un al doilea circuit termic și pentru producerea de abur [4]. Această tehnică poate fi îmbinată și cu stocare de energie termică, însă are și dezavantaje față de turnurile solare deoarece nu pot fi obținute temperaturi ridicate, ducând la o eficiență a ciclului termodinamic mai redus și nevoia de a avea capacități de stocare a energiei mai mari [4], [5].

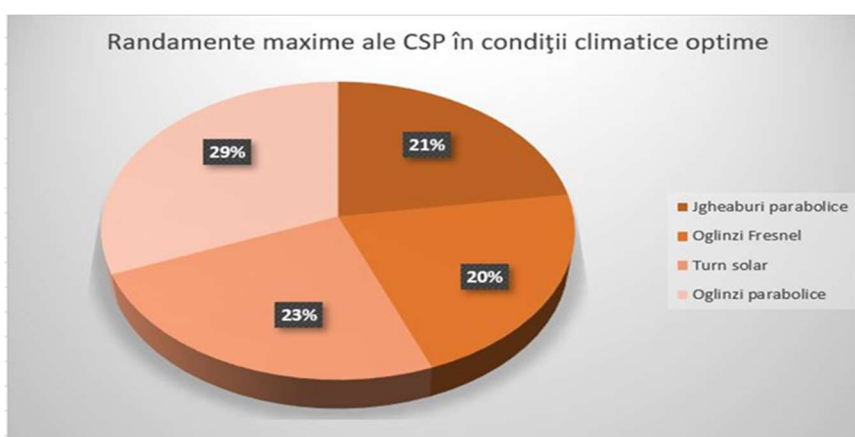


Figura 1. Randamente maxime în condiții climatice optime ale CSP

Centrale solare cu oglinzi parabolice discoidale au ca element ce concentrează radiația solară o oglindă, aceasta are forma unui paraboloid ce are trei dimensiuni cu sistem automat de urmărire a drumului parcurs de soare, cu două grade de libertate, ajustând unghiul de înclinare și cel de azimut. În zona punctului focal al oglinzii se află o construcție compactă (unitatea de conversie a radiației solare) alcătuită din trei elemente: un receptor termic, motorul Stirling și un generator electric [4], [8].

Receptorul termic este format dintr-un grup de conducte prin care circulă un fluid de răcire, ce are și rol de lichid de lucru, cu funcția de a converti în căldură radiația solară concentrată și transferul fluxului de căldură către motorul Stirling. Gazul este redus în volum în zona rece a motorului și dilatat în porțiunea caldă în mod ciclic, rezultând lucru mecanic [4], [8]. Randamentele obținute de centralele CSP (Concentrating Solar Power) în funcție de categoria concentratoarelor solare, sunt prezentate procentual, în Fig. 1 [4].

Din graficul cu randamente maxime obținute în condiții climatice optime se poate vedea că ponderea cea mai mare o au centralele cu oglinzi parabolice discoidale, cu un procent de 29% [4]. În Fig.2 se prezintă evoluția capacităților CSP instalate la nivel mondial până în anul 2020. După cum se poate observa aceste capacități au avut o creștere substanțială din anul 2010 până în anul 2020 [13].

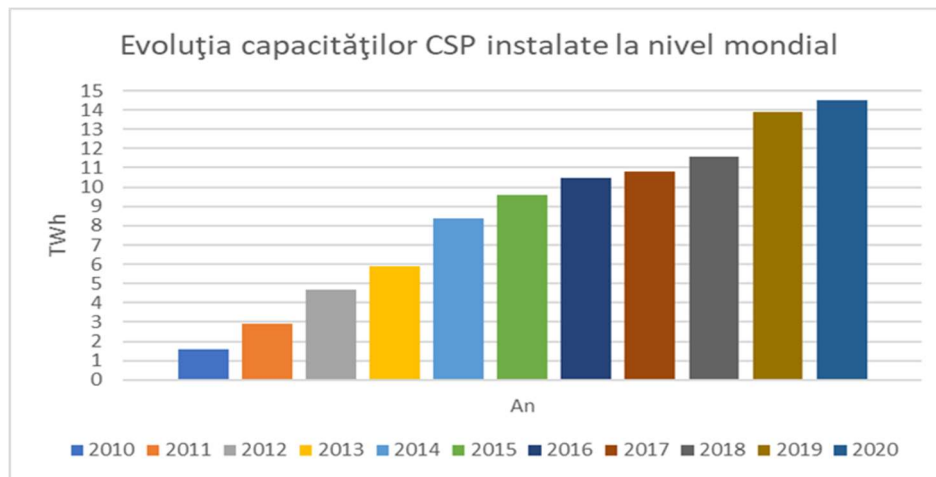


Figura 2. Capacitățile centralelor cu concentrarea energiei solare

Centrale hibride pentru producere a energiei termice

Analizând sistemele existente de obținere a energiei din surse regenerabile pe plan mondial, se poate observa o tendință de a se combina energia solară cu energia biomasei. Cele mai mari sisteme de conversie a biomasei lemnoase se găsesc în Austria și Finlanda. Danemarca utilizează centrale cu colectoare solare, combinând energia solară cu cea a biomasei [4].

În ceea ce urmează se prezintă modele de sisteme hibride ce folosesc atât energia solară, cât și cea a biomasei [3].

În Danemarca sunt cele mai multe și cele mai dezvoltate sisteme hibride (solar și biomasă) din lume. Producția energiei termice cu ajutorul colectoarelor solar-termice și stocarea acesteia într-un rezervor subteran de dimensiuni mari, este schema pe care se bazează modelul danez. Mai târziu, această energie termică este folosită la producerea energiei electrice sau, dacă este nevoie, pentru încălzirea locuințelor. Pe lângă ansamblul format din solar-termic mai are un sistem de producere a energiei termice în rezervoare (cazane) de conversie a biomasei. Energia obținută din biomasă poate fi utilizată direct pentru încălzire sau se introduce într-o instalație secundară, auxiliară, care se bazează pe ciclul Rankine (ORC), ce este un sistem de co-generare de producere a energiei electrice și termice [3].

Modelul suedez este bazat pe sisteme hibrid solar-biomasă de scară, bloc sau clădire, ce sunt combinate cu centrale solare distincte. Planul de funcționare începe de la implementarea unei centrale solar-termice, formată dintr-un ansamblu colectoare solar-termice și un rezervor de mari dimensiuni, în apropierea unei colectivități cu acces ușor la sistemul de încălzire districtual. Energia termică ce se produce de către colectoarele solar-termice este împărțită familiilor și, în funcție de nevoie, este completată cu energie termică obținută în cazane de conversie a biomasei.

La modelul austriac energia solară și cea din biomasă este folosită cu ajutorul centralelor combinate, după o schemă actuală de producere pe plan local a energiei termice. Acest model conferă posibilitatea trimerii de energie termică, cu ajutorul sistemului de încălzire districtuală, către alte grupuri de oameni sau clădiri din proximitate. Are dezavantaje cum ar fi: restricții de spațiu disponibil pentru amplasarea sistemului de colectoare solar-termice și pierderile de energie ce se datorează conductelor de transport până destinația comunităților importatoare [2], [3].

Modelul german este bazat pe sisteme centralizate de utilizarea energiei solare și a biomasei. Producția de energie termică la nivel centralizat se realizează din conversia biomasei cu ajutorul sistemelor solar-termice, care sunt montate în apropierea centralelor, cu funcționare pe biomasă. Unul dintre dezavantaje este posibilitatea limitată de folosire a sistemului de colectoare solar-termice și pierderile importante ce sunt determinate de conductele de transport a energiei termice din ansamblul ce încălzește zona districtuală [3].

Modelul francez și polonez este bazat, în ambele cazuri, pe sisteme autonome (locale) de obținere a energiei din biomasă în combinație cu colectoare solare, împreună formând rețele de

încălzire districtuală. Metoda este folosită în zonele aglomerate, ce aparțin orașelor, cu multe clădiri sau blocuri de apartamente, unde nu există spațiul liber sau nu se pot integra colectoare solar-termice pe clădiri sau în apropierea clădirilor deservite. Avantajul: se pot amplasa colectoarele fără a afecta terenurile utile și arhitectura zonei. Dezavantaj: se utilizează rezervoare mari pentru acumularea energiei termice [3].

Concluzii

Sistemul solar hibrid PV-CSP are avantaje la integrarea celor două sisteme, energie fotovoltaică și energie solară concentrată, obținându-se costuri reduse, producție stabilă, ușor de gestionat, pentru a se obține energie electrică din surse regenerabile. Inițial, cele două sisteme, cel fotovoltaic și CSP, au fost catalogate ca fiind tehnologii concurente. S-a ajuns la concluzia că cele două sisteme sunt de fapt complementare, furnizează energie stabilă, făcând ca cercetările în domeniul lor să se intensifice tot mai mult în ultimii ani. Combinația acestui sistem hibrid PV-CSP îmbunătățește factorul de capacitate, iar energia produsă poate fi folosită la cererea de sarcină în timpul perioadei de vârf.

Energia produsă de fotovoltaic va face față sarcinii de putere necesară în timpul zilei, în schimb, sistemul solar termic cu stocare va ajuta la sarcina de vârf din timpul nopții. Majoritatea cercetărilor întreprinse de specialiști sunt orientate spre analiza economică și tehnico-economică, dar și spre strategiile de exploatare a acestor sisteme hibride. Cele mai puține cercetări desfășurate de către oamenii de știință sunt despre configurația optimă ce are în vedere strategia de funcționare.

Energia solară și biomasa sunt surse de energie regenerabilă care se găsesc în cele mai multe zone din lume, dar fiecare din cele două are câte un dezavantaj. În funcție de vreme și de anotimp, radiația solară poate să fie disponibilă doar pe o perioadă limitată de timp de-a lungul unei zile, iar energia produsă din biomasă are nevoie de o cantitate de materie primă uriașă, aceasta poate să nu fie ușor de găsit în toate locurile din lume și în toate anotimpurile. Combinația celor două surse într-un sistem hibrid, aplicații în centrale electrice, este cercetată tot mai mult în ultimii ani, fiind o combinație tot mai promițătoare pentru reducerea emisiilor de gaze cu efect de seră și pentru investiții fiabile în energie.

Referințe

1. BANU, I. *Research on Integration of Photovoltaic Sources into the Power Grid*. Iași, 2015.
2. DOUGLAS J. A. *Renewable Energy Focus*. Solar Thermal World, March 2022.
3. ILIE, C. A. *Hybrid systems based on renewable energy sources to provide thermal energy in small communities*. Brașov, 2019.
4. MAICAN, E. *Sisteme De Energii Regenerabile*. Ed. Printech, 2015.
5. REILLY, H.E., KOLB, G.J. *An Evaluation of Molten-Salt Power Towers Including Results of the Solar Two Project*. [Sandia National Laboratories, Solar-Thermal Technology Department]. USA: Albuquerque, 2001.
6. OTHMAN, M. Y., IBRAHIM, A., JIN, G. L., HA, M., SOPIAN, K. *Photovoltaic-thermal (PV/T) technology*. The future energy technology. Future Energy Technol, 2013, pp. 171–174.
7. TRIPANAGNOSTOPOULOS, Y. *Aspects and improvements of hybrid photovoltaic/thermal solar energy systems*. Sol Energy, 2017, pp. 1117–11
8. ANDRAKA, C., ADKINS, D., MOSS, T., COLE, H., ANDREAS, N. Felt Metal Wick Heat-Pipe Solar Receiver. In: *Solar Engineering*, ASME Solar Energy Division, Maui, Hawaii, 1995.
9. ECK, M., EICKHOFF, M., FELDHOFF, J., FONTELA, P., GATHMANN, N., GRUNEFELDT, M. Direct steam generation in parabolic troughs at 500 °C first results of the REAL DISS project. In: *17th International SolarPACES Symposium*, Granada, Spain, 2011.
10. IEA, International Energy Agency. PVPS Report-A Snapshot of Global PV 1992-2013 Preliminary Trends Information from the IEA PVPS Programme (Report IEA-PVPS T1-24:2014), *IEA-PVPS (Photovoltaic Power Systems Programme)*, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2012.01.038>.

11. MORIN, G., KIRCHBERGER, J., LEMMERTZ, M.M. Operational results and simulation of a superheating Fresnel collector. In: *18th International SolarPACES Symposium*, Marrakech, Maroc, 2012.
12. SIEGEL, N. P., BRADSHAW, R., CORDARO, J. Thermophysical property measurement of nitrate salt heat transfer fluids. In: *ASME 2011 Fifth International Conference on Energy Sustainability*, Washington DC, USA, 2011, pp 439-446
13. BOJEK, P. IEA, PARIS, *Concentrated Solar Power (CSP)*, 2021, [online]. [accesat 16.02.2022]. Disponibil: <https://www.iea.org/reports/concentrated-solar-power-csp>.
14. ENERGIA REGENERABILĂ, *Energiile regenerabile: Caracteristici, tipuri și noi provocări* [online]. [accesat 08.02.2022]. <https://www.energiaregenerabila.com/>.