

SISTEME ELECTRO-HIDRAULICE DE GHIDARE ȘI ORIENTARE A PANOURILOR SOLARE VOLTAICE ȘI TERMICE AMPLASATE ÎNTR-UN ORAȘ INTELIGENT

Dr. ing. Corneliu CRISTESCU¹, Dr. ing. Cătălin DUMITRESCU¹;
Dr. ing. Radu RĂDOI¹, Dipl. ing. Liliana DUMITRESCU¹

¹ INOE 2000-IHP, București, România

REZUMAT. Articolul prezintă unele noi rezultate obținute în Institutul INOE 2000-IHP din București, în promovarea de tehnologii avansate și echipamente specifice panourilor solare, în scopul folosirii surselor de energie regenerabilă în diferite aplicații industriale. Articolul prezintă unele preocupări ale inginerilor din România privind dezvoltarea de panouri solare fotovoltaice și termice de captare a energiei solare și prezintă unele sisteme electro-hidraulice utilizate pentru acționarea/automatizarea dispozitivelor de orientare (solar tracking systems), folosite în construcția echipamentelor fotovoltaice de conversie a energiei solare direct în energie electrică sau a panourilor solare termice amplasate într-un oraș inteligent. În final, se prezintă unele soluții tehnice noi de sisteme/dispozitive de orientare bazate pe acționarea hidraulică, soluții proiectate și realizate în institut, care permit optimizarea regimurilor de lucru, în scopul creșterii eficienței captării energiei solare, rezultatele obținute putând fi extrapolate și transferate direct în industrie.

Cuvinte cheie: energii regenerabile, energie solară, panouri solare termice, sisteme de urmărire solare, panouri solare fotovoltaice, orientare / sistem hidraulic de ghidare/orientare.

ABSTRACT. The paper presents some new results obtained by the institute INOE 2000-IHP Bucharest, Romania, to promoting advanced technologies and equipment for solar panel field, in order to use the renewable energy resources for individual users. The article presents some results regarding the solar panels, obtained in ROMANIA in last period, especially in developing of systems used for actuation/guidance automation devices, named solar tracking hydraulic systems, used in the construction of equipment for the conversion of solar energy directly into electric energy or into thermal energy placed in a smart city. Also, it is presented some practical hydraulic systems developed in Romania to achieve guidance devices, based on their hydraulic actuation. Finally, the paper presents a new technical solution for a solar tracking system with hydraulic acting, designed in institute, which allows optimizing the working regimes, in order to increase the efficiency of captation the solar energy, the obtained results can be transferred in industry.

Keywords: renewable energy, solar energy, solar thermo panel, solar tracking systems, photovoltaic solar panel, orientation/guidance hydraulic system.

1. INTRODUCERE

Urmare a elaborării **Strategiei Europene** pentru anul 2020 [1], guvernul României a elaborat **Strategia energetică a României** pentru perioada 2007 – 2020, actualizată pentru perioada 2011 – 2020, în care, pentru **dezvoltarea durabilă** a țării, s-au stabilit o serie de obiective printre care: **creșterea eficienței energetice**; promovarea producerii energiei pe bază de **resurse regenerabile**; promovarea producerii de energie electrică și termică în centrale cu cogenerare; **susținerea activităților de cercetare-dezvoltare** și diseminare a rezultatelor cercetărilor aplicabile; reducerea impactului negativ al sectorului energetic asupra mediului înconjurător; utilizarea rațională și eficientă a resurselor energetice primare [2].

Pentru *dezvoltarea durabilă a țării, se impune* promovarea producerii energiei din surse regenerabile, astfel încât ponderea energiei electrice produse din aceste surse, în totalul consumului brut de energie electrică, să fie 35 % în anul 2015 și, respectiv 38-40 % în anul 2020. Din consumul intern brut de **energie, 24%** va fi asigurat din surse regenerabile în anul 2020.

În strategie sunt prezentate **sursele regenerabile** de energie din România, menționate în Planul Național de Acțiune în Domeniul Energiei din Surse Regenerabile (*PNAER*) – 2010 [3].

În ceea ce privește **energia solară**, pornind de la datele disponibile, s-a întocmit harta cu distribuția radiației solare, atât în Europa, figura 1.1, cât și în România, figura 1.2.

SISTEME ELECTRO-HIDRAULICE DE GHIDARE ȘI ORIENTARE A PANOURILOR SOLARE



Fig. 1.1. Harta radiației solare din Europa.

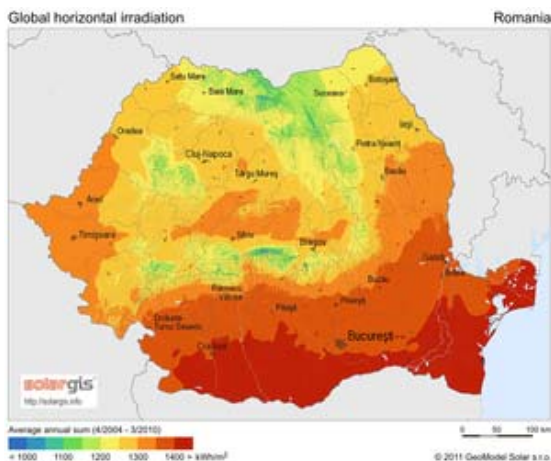


Fig. 1.2. Harta radiației solare din România.

După cum se poate observa în figura 1.2, mai mult de jumătate din țară beneficiază de un flux de energie medie anuală de 1300 kWh/m²/an [3]. Din acest motiv, dezvoltarea tehnologiilor și echipamentelor pentru utilizarea radiației solare este o mare oportunitate pentru țara noastră.

Utilizarea potențialului energetic solar, se realizează prin **sisteme solare termice** și prin **sisteme fotovoltaice** (conversia fotovoltaică).

Sistemele fotovoltaice, bazate pe panouri fotovoltaice (PV), convertesc direct energia solară în energie electrică care, mai întâi, este stocată și, apoi, consumată.

Sistemele solare termice se utilizează pentru producerea căldurii și a apei calde menajere pentru locuințe individuale, dar și centralizat, de mică putere. Potențialul utilizabil în sistemele solare termice este apreciat la cca. 1,434 Tep.

Pentru eficientizarea energetică a panourilor fotovoltaice și a panourilor solare termice, este nevoie de **sisteme de orientare/ghidare** numite **trackere**, care maximizează cantitatea de energie solară captată.

În acest context, în ultimii ani, în institutul INOE 2000-IHP din București, a fost dezvoltată o nouă **direcție de cercetare**, și anume cel **pentru energiile regenerabile**.

Un subsansamblu specific al **panourilor fotovoltaice și termice solare** mobile îl reprezintă sisteme /dispozitive automate de ghidare /orientare /urmărire (mono-axial sau bi-axiale), care reglează poziția panoului solar, urmărind mișcarea aparentă a soarelui în timpul zilei. De regulă, acționarea panourilor solare se face cu **sisteme /trackere** electrice, pneumatice sau **hidraulice**.

2. PROBLEMA CAPTĂRII OPTIME A ENEGIEI/RADIAȚIEI SOLARE

Soarele este sursa vieții de pe Pământ. Pământul captează aproximativ 2,8·10²¹ kJ din radiația solară totală emisă [3]. Radiația directă, receptată la nivelul suprafeței terestre, este influențată de gradul de acoperire al cerului cu nori. Un alt factor important care influențează **intensitatea radiației solare** este **poziția relativă** a elementului/panoului de captare a energiei solare.

Utilizarea potențialului energetic solar, se realizează prin sisteme solare termice și prin sisteme fotovoltaice (conversia fotovoltaică). Sistemele solare termice se utilizează pentru producerea căldurii și a apei calde menajere pentru locuințe individuale și centralizat de mică putere. Pentru utilizarea cu eficiență ridicată a energiei solare, se recomandă ca aceste sisteme **să funcționeze în regim hibrid**, împreună cu alte sisteme termice convenționale sau neconvenționale. Potențialul utilizabil în sistemele solare termice este apreciat la cca. 1,434 Tep.

Poziția soarelui este dată cu referire la **unghiul de azimut (a)** și **unghiul de elevație (alfa)**.

Pentru a determina poziția panoului/colectorului energiei/radiației de la soare, astfel încât randamentul să fie maxim, următoarele unghiuri sunt importante: θ_z - unghiul zenital și solar și γ_s unghiul de azimut. În figura 2.1, γ_s este unghiul de azimut solar, α unghiul de elevație a soarelui, θ_z unghiul zenital și unghiul orar ω , [4].

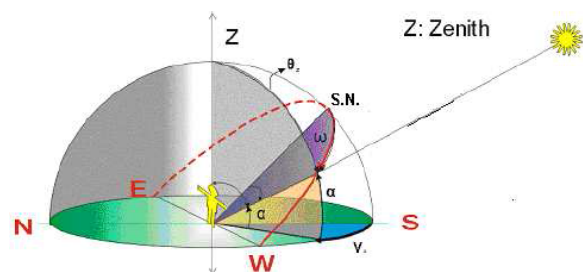


Fig. 2.1. Unghiurile principale ale traiectoriei soarelui pe cer.

Pentru a crește eficiența colectării radiațiilor solare, prin orientare în direcția Soarelui, în țară, au fost dezvoltate diferite mijloace de orientare, prin utilizarea mecanismelor uniaxiale, biaxiale și chiar triaxiale, bazate pe sisteme electrice, pneumatice și hidraulice de acționare, utilizate atât pentru orientarea sistemelor

solare fotovoltaice, cât și pentru cele termo-solare. Optimizarea orientării diurne a colectoarelor solare este o problemă deosebită, care conduce la proiectarea și realizarea de sisteme mecatronice complexe, unde programele informatice de orientare joacă un rol esențial [5].

Pentru orientarea după Soare, în figura 2.2, sunt prezentate atât mecanisme monoaxiale (a), mai simple și mai robuste, cât și mecanisme biaxiale (b), mai complicate, dar mai eficiente din punct de vedere energetic.

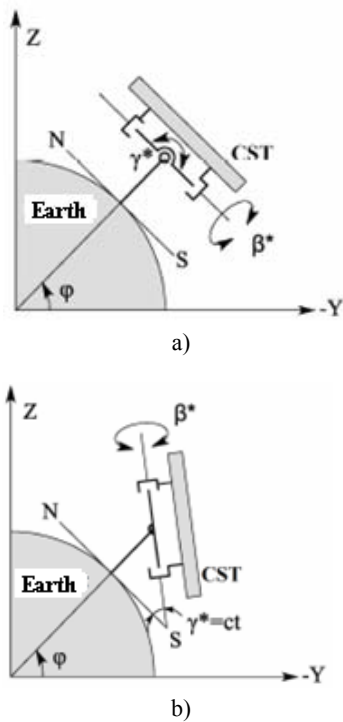


Fig. 2.2. Sisteme de orientare pseudo-ecuatorială: a) biaxială, b) monoaxială.

3. SISTEME HIDRAULICE DE ORIENTARE PENTRU PANOURI SOLARE

Utilizarea surselor de energie regenerabilă a impus dezvoltarea continuă a tehnologiilor de fabricare și implementare a sistemelor de conversie a energiei regenerabile în vederea identificării unor soluții caracterizate prin eficiență ridicată, costuri reduse, fiabilitate, adaptabilitate la condițiile de implementare. De aceea, și în România s-au derulat o serie de proiecte la nivel național pentru dezvoltarea tehnologiilor de captare a energiei solare fotovoltaice și termice, care aduc avantaje economice deosebite utilizatorilor. De asemenea, în România s-au dezvoltat numeroase cercetări, atât pe programele naționale de cercetare, cât și sub forma unor **teze de doctorat**, care, pe lângă caracterul științific, au și un puternic caracter aplicativ.

Astfel, într-o **teză de doctorat** elaborată la Universitatea Transilvania din Brașov [6], s-a realizat

o cercetare pentru cunoașterea și analiza sistemelor hidraulice din componența echipamentelor de conversie directă a energiei solare în energie termică, în scopul creșterii eficienței de captare a energiei solare și adaptarea acesteia la variațiile sarcinii termice, prin realizarea unor **mecanisme de orientare a panourilor termice cu acționare hidraulică** cu funcționare secvențială, adecvată condițiilor meteorografice ale locației de implementare. **Radiația solară** este valorificată sub formă de energie termică cu ajutorul unui sistem de **colectoare solar-termice plane**, pe baza conversiei foto-termice, rezultatele obținute fiind apa caldă menajeră și căldura necesară menținerii unei anumite temperaturi în spațiile construite. Deoarece eficiența de conversie a energiei solare în energie termică a unui colector solar-termic este limitată uzual la valori maxime de **cca. 60-75%**, s-a utilizat o soluție uzuală de creștere a eficienței de captare a radiației solare, prin **orientarea după Soare**, cu ajutorul unor mecanisme/sisteme **hidraulice monoaxiale**, similare celor utilizate pentru orientarea sistemelor fotovoltaice.

În **figura 3.1**, se prezintă schema structurală a mecanismului cu orientare monoaxială înclinată (a), de tip triunghi cu o latură reglată printr-un actuator liniar tip **cilindru hidraulic**, precum și realizarea fizică a unui sistem solar termic demonstrator (b).

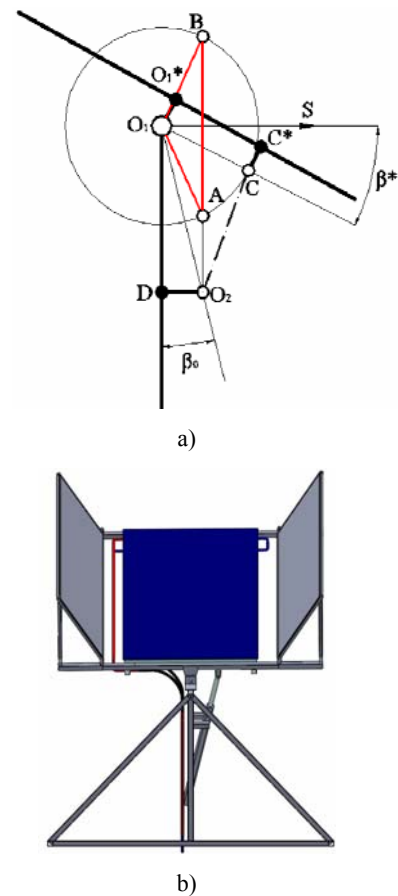


Fig. 3.1. Mecanism monoaxial de orientare panou solar-termic.

SISTEME ELECTRO-HIDRAULICE DE GHIDARE ȘI ORIENTARE A PANOURILOR SOLARE

O altă **teză de doctorat** elaborată, de asemenea, la Universitatea Transilvania din Brasov [7], propune un **mecanism de orientare** de tip **pseudo-azimutal** pentru realizarea **mișcării diurne** a colectorului solar-termic, prezentat în figura 3.2.

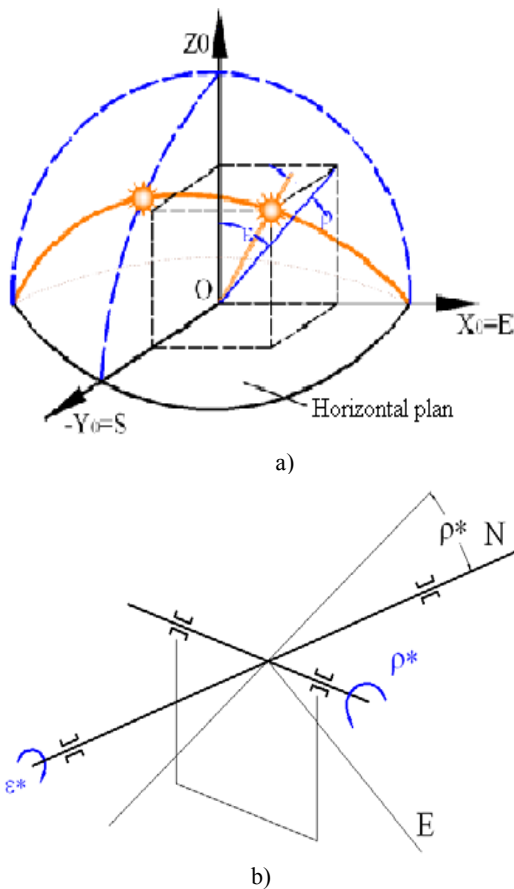


Fig. 3.2. Sistem de orientare pseudo-azimutal.

Mișcarea diurnă se realizează în jurul unei axe orizontale ce conține articulația bazei A, colectorul solar-termic fiind montat înclinat cu unghiul optim anual al elevației, $\rho^* = 21^\circ$. În figura 3.3, se prezintă un mecanism de orientare cu **două actuatoare liniare de tip cilindri hidraulici**, dispuse în triunghi, având o bieleță articulată la un capăt cu cele două actuatoare (cilindri hidraulici), iar la celalalt capăt cu un balansier solidar cu un panou solar. Schema structurală este prezentată în figura 3.3.a, iar soluția constructivă în figura 3.3.b.

Utilizarea mecanismului de orientare acționat de două actuatoare liniare asigură realizarea unor curse de orientare diurnă mari ($\geq 180^\circ$), în condiții de simplitate constructivă și unghiuri de transmitere în limite admisibile ($\theta > 57^\circ$). Mecanismul poate fi implementat în sisteme care necesită funcționarea sub **sarcină termică maximă**, orientarea pe o traiectorie complexă, dar și orientarea în contra-fază, și anume: de dimineața până la amiază colectorul să fie orientat spre vest, iar de la amiază până seara să fie orientat spre est, atunci când sarcina termică este nulă, pentru a controla creșterea temperaturii apei.

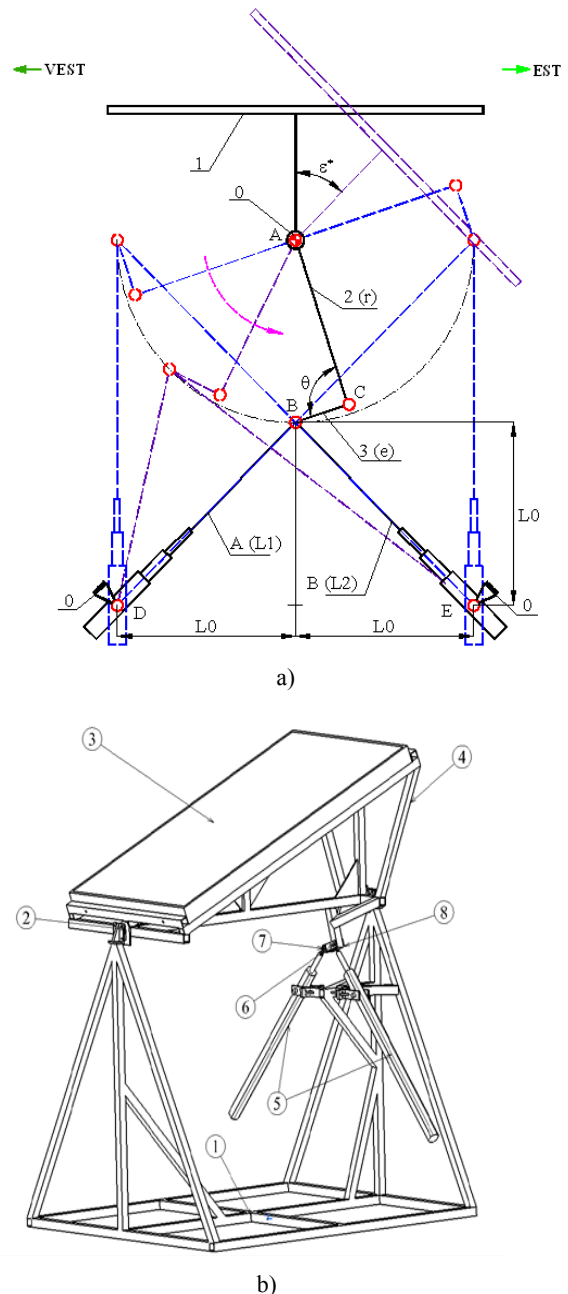


Fig. 3.3. Mecanismul de orientare cu două actuatoare liniare.

4. SOLUȚII NOI DE SISTEME DE ORIENTARE CU ACȚIONARE ELECTRO-HIDRAULICĂ DEZVOLTATE ÎN INOE 2000-IHP

Cu toate beneficiile condițiilor geografice favorabile, România exploatează doar o mică parte a potențialului disponibil al energiei regenerabile, în special energia solară. În acest context, atunci când numărul de panouri solare sunt limitate din diferite motive, pentru a crește cantitatea de energie furnizată de panourile solare (termice sau electrice) se poate realiza fie prin creșterea eficienței energetice a celulelor /panourilor solare (limitat de tehnologie),

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

fie prin utilizarea de sisteme de orientare (urmărire) cu acționare electrică, hidraulică sau pneumatică.

Institutul INOE 2000-IHP București a dezvoltat în ultimii ani o **nouă direcție de cercetare**, cea a *energiilor verzi*, pentru sursele de energie regenerabile, în general.

Un subdomeniu al preocupărilor institutului, specific generatoarelor care utilizează panouri solare fotovoltaice sau termice mobile, constă în proiectarea și realizarea sistemelor /dispozitivelor automate de ghidare /orientare /urmărire (mono-axial sau bi-axiale), care reglează poziția panourilor solare, urmărind mișcarea aparentă a soarelui în timpul zilei.

În cele ce urmează, se prezintă unele realizări de sistem de ghidare /orientare /urmărire proiectate de INOE 2000-IHP, cu orientarea pe 2 axe, bazate pe motoarele hidraulice.

5. SISTEM HIDRAULIC DE ORIENTARE PANOURI SOLARE FOTOVOLTAICE

Sisteme de ghidare/orientare utilizate pentru panouri fotovoltaice (PV) trebuie să urmărească mișcarea aparentă a Soarelui și să poziționeze panoul fotovoltaic, în așa fel ca unghiul de incidență al razelor solare să fie aproape 90°, pentru ca fluxul de energia solară, captată de panou, să fie maxim [8].

Utilizarea soluțiilor tehnice de acționare hidraulică la sistemele de ghidare/orientare a panourilor

fotovoltaice devine necesară în cazul în care forțele și/sau momentele de acționare sunt mari, superioare celor posibile a fi realizate pe cale electrică; în cazul în care sunt necesare forțe și cupluri mari, sistemele electro-hidraulice rămân singura soluție fezabilă.

De exemplu, pentru panoul fotovoltaic din figura 5.1, care necesită două direcții de orientare, sistemul de ghidare/orientare va avea două mișcări principale, controlate automat după axele Oz și Ox (neilustrate):

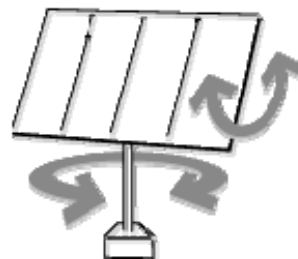


Fig. 5.1. Principiul poziționării după două axe.

Schema hidraulică a fost concepută cu elemente hidraulice clasice și proporționale, care se regasesc curent în cataloagele celor mai cunoscuți fabricanți de componente hidraulice. Schema cuprinde trei subansambluri functionale, figure 5.2, localizate în cadrul sistemului de automatizare astfel:

- grupul hidraulic generator (1.0);
- grupul de comenzi (2.0);
- grupul de acționare tracker, montat pe panoul PV (3.0);

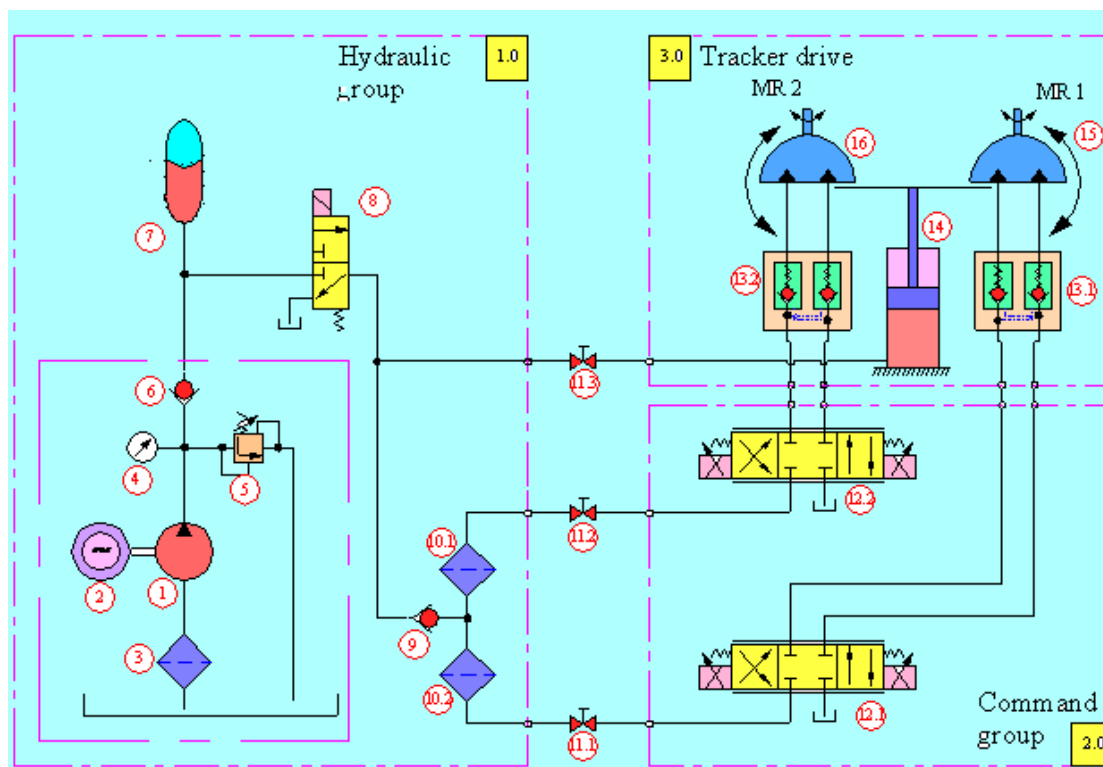


Fig. 5.2. Schema unui Tracker hydraulic dezvoltată în INOE 2000-IHP.

SISTEME ELECTRO-HIDRAULICE DE GHIDARE ȘI ORIENTARE A PANOURILOR SOLARE

Structura acestei scheme hidraulice de acționarea a sistemului de ghidare/orientare (tracker) este următoarea:

– **Grupul hidraulic** cuprinde o unitate hidraulică de putere, bazat pe o pompă cu roți dințate simplă (1), capabilă să asigure o presiune maximă de 150 bari, la debitul necesar, un acumulator pneumo-hidraulic (7), cu rol de alimentare cu energie, și un tip de distribuitor electric 3/2 (8). Distribuitorul alimentează un cilindru hidraulic de ridicare (13), care poziționează asamblul panourilor fotovoltaice+ sistem de urmărire la înălțimea dorită. Grupul hidraulic prevede, de asemenea, un sistem de filtrare special pentru supapele proportionale, cu 2 filtre cu finețe mare (5 ... 10 pm) - (10.1 și 10.2).

– **Grupul de comenzi** include: doua module pentru distribuitoarele proportionale 4/3, (12.1 și 12.2), cu alimentare la 24 V, interval de reglare electrică între 5 ... 20 mA (11.1 și 11.2);

– **Grupul de acționare a sistemului de ghidare/orientare** include două elemente de acționare hidraulice (servo-motoare), de tip orbital, pentru a efectua deplasarea panourilor în intervalul 0 ... 900, echipate cu senzori de poziție, MR1 (15) și MR2 (16); în plus, pentru a proteja sistemul de ghidare împotriva efectului perturbator al vântului sunt montate 2 supape de verificare încrucișată pilotate. Un cilindru hidraulic (14) este dedicat comenzii de ridicare a panourilor pe verticală (altitudine). date tehnice tracker hidraulic propus este prezentat în tabelul 1.

Soluția tehnică adoptată a evidențiat posibilitățile de utilizare a mijloacelor de ghidare/orientare (trackere) pentru panouri fotovoltaice, concepute pe baza de acționare electro-hidraulică.

Schema de automatizare utilizată pentru controlul panoului fotovoltaic, precum și componența acesteia, pot fi urmărite în figura 5.3.

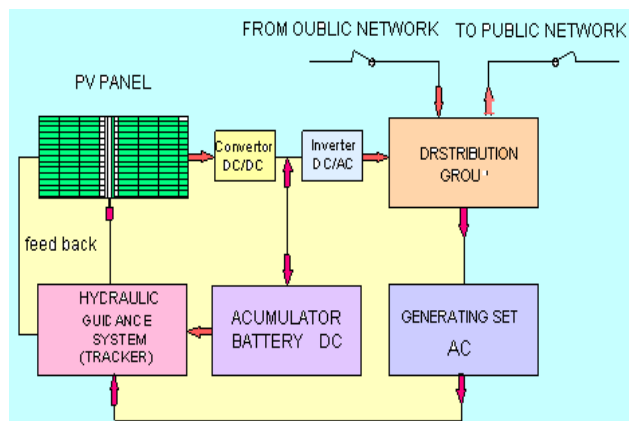


Fig. 5.3. Schema de automatizare.

Principiul de funcționare al sistemului de automatizare al panoului fotovoltaic (PV) se bazează pe faptul că are în componența sa un **concentrator solar de tip bicelular**, care preia radiația fonică a

razelor de soare și emite semnalul de poziționare a panoului, după cum urmează:

– când ambele celule ale concentratorului sunt egal luminate (razele soarelui cad perpendicular pe concentrator), rezultă că panoul PV este corect orientat, iar sistemul electronic dă semnal de confirmare a stării;

– când celulele sunt luminate neuniform (razele soarelui nu cad perpendicular pe concentrator), apare un semnal de eroare, iar sistemul electronic va emite comandă de rotire a panoului pe axele O_z sau O_x (în funcție de indicațiile ceasului electronic solar), până ce ambele celule vor fi din nou egal luminate.

În ambele situații, semnalele emise de electronica concentratorului se adresează comenzilor de lucru atât pentru distribuitoarele proporționale cât și actuatorilor de rotație.

6. SISTEM HIDRAULIC DE ORIENTARE PANOURI SOLARE TERMICE

Deoarece metoda de orientare în contra-fază nu reușește să controleze foarte bine diferența dintre energia termică debitată de colectorul termic solar și sarcina termică reală, s-a pus problema realizării unui nou sistem de orientare a colectoarelor panourilor termice solare, care să poată gestiona această problemă, în condiții mai avantajoase.

Noua soluție tehnică constă în realizarea unei mișcări complexe a colectorului termic solar, de urmărire, cât mai apropiată, a poziției soarelui pe bolta cerească, prin utilizarea unor **mecanisme cu acționare hidraulică**, atât pentru realizarea mișcării diurne de la est la vest (unghiul orar), cât și pentru realizarea mișcării de ridicare pe cer a soarelui (unghiul de elevație), în scopul maximizării energiei solare captate la funcționarea la sarcină termică maximă, iar prin utilizarea unui **colector solar termic pliabil**, acționat de un **mecanism electro-hidraulic special**, să poată modifica unghiul de incidență al razelor solare, în funcție de sarcina termică, respectiv, consumul de apă caldă [9] [10].

Noul sistem termic solar, figura 6.1, este alcătuit dintr-un cadru-suport fix (0), pe care se montează cele 4 subsisteme/mecanisme de bază, și anume: un colector solar termic pliabil (CSTP), alcătuit din două semicolectoare/semipanouri clasice (1 și 2), articulate între ele printr-un ax tubular (3) cu niște racorduri rotitoare (4), un mecanism de pliere (MPC), figura 6.1.a, alcătuit dintr-un cilindru hidraulic (CH1), fixat pe partea inferioară a cadrului-suport (0), furca

SOLUȚII PENTRU UN ORAȘ INTELIGENT

tijeii cilindricului (5) fiind articulată cu un bolț (6) de niște bare articulate (7), care se articulează la celălalt capăt, prin niște bolțuri (8), de niște urechi (9), montate pe spatele celor două semipanouri (1 și 2) ale colectorului termic pliabil (CSTP), un mecanism de realizare a mișcării de elevație (MME), figura 6.1.b, compus dintr-o platformă rabatabilă (10) care se rotește în plan vertical, prin intermediul unei articulații (11) montate pe cadrul fix (0) și acționat de un cilindru hidraulic (CH₂), precum și un mecanism de realizare a mișcării diurne/orare (MMD), similar cu cel prezentat în figura 2.2a, acționat, de asemenea, de un cilindru hidraulic (CH₃).

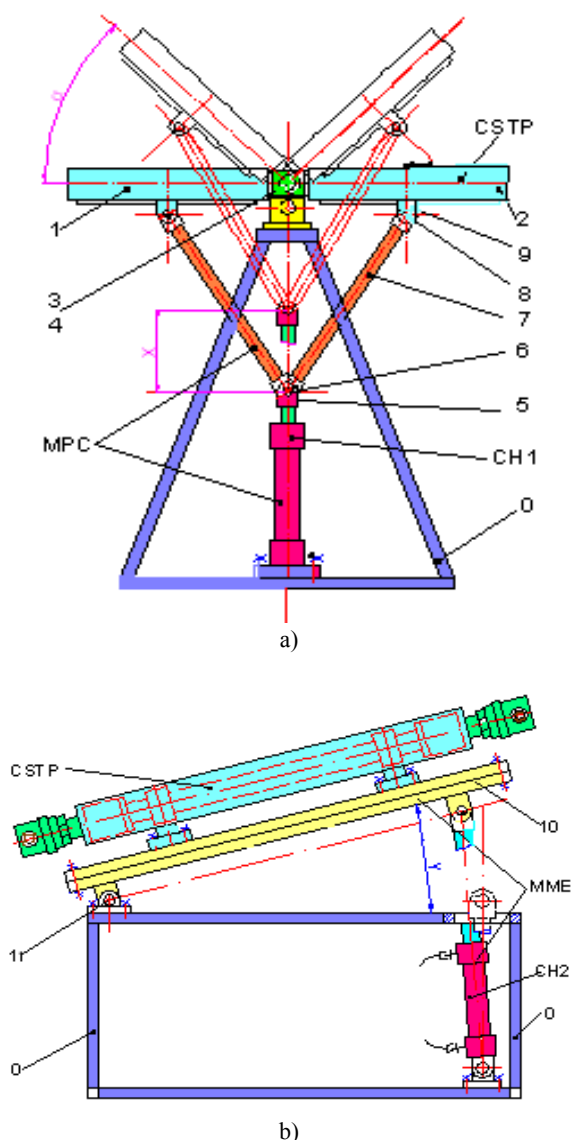


Fig. 6.1. Colector solar termic cu tracker acționat hidraulic.

Funcționarea sistemului de orientare a colectorului solar termic pliabil se face pe baza unor **programe informatice** speciale care comandă mecanismul de realizare a unghiului de elevație (MME) și mecanismul de realizare a unghiului orar/diurn (MMD), elaborate pe specificul lunilor

sau/și anotimpurilor [6], [7]. **Partea specifică și originală a funcționării** colectorului solar termic pliabil constă în faptul că, prin mecanismul de pliere al colectorului (MPC) și mecanismul de realizare a unghiului de elevație (MME), ambele lucrând în **buclă închisă**, se poate controla temperatura agentului termic, **în funcție de mărimea sarcinii termice** și chiar evitarea supraîncălzirii acestuia.

Prin **compararea, în sistemul de automatizare**, a temperaturii la boilerul instalației de încălzire, dată de un senzor de temperatură (ST1) și temperatura la ieșirea din colectorul solar termic (CSTP), dată de acest senzor de temperatură (ST2), **cu o valoare prescrisă**, se naște un **semnal de eroare** care poate fi folosit în sensul că, în zona temperaturilor mari (ex.: peste 60 °C) la o anumită temperatură, să corespundă un anumit unghi de pliere, la temperatura maximă (ex. 90 °C) să se comande închiderea maximă a semipanourilor colectorului pliabil, iar la mecanismul de realizare a unghiului de elevație (MME) să se comande anularea completă a acestuia, în acest fel, prin **modificarea substanțială a unghiului de incidentă** a razelor solare pe suprafața de captare a colectorului pliabil se produce o reducere substanțială a cantității de căldură absorbită de colectorul solar, controlându-se, astfel, temperatura agentului termic, iar prin comanda de închidere/pliere completă a colectorului și de anulare a unghiului de elevație, **se evită supraîncălzirea** agentului, în lipsa sarcinii termice, respectiv a consumului de apă caldă.

7. CONCLUZII

În articol se prezintă câteva elemente specifice din strategia Europei și din strategia României, privind utilizarea energiilor regenerabile și se menționează potențialul energetic deosebit de energie solară pe care îl are România și se prezintă, sumar, unele preocupări ale institutului în acest sens.

De asemenea, se prezintă unele realizări din România de panouri /colectoare solare termice și fotovoltaice și, în mod deosebit, a unor **sisteme de ghidare /orientare** (trackere) utilizate, bazate pe actuatori liniari de tipul cilindrilor hidraulici, care conferă posibilități deosebite de automatizare și flexibilizare a regimurilor de lucru, în scopul urmăririi mișcării aparente a Soarelui.

În final, este prezentat un nou tip de colector solar termic, care, pentru a controla mai bine diferența dintre energia termică livrată de colectoarele termice solare și sarcina termică reală, contribuie la creșterea eficienței energetice a panourilor termice solare prin utilizarea panourilor pliabile acționate de mecanisme /sisteme/trackere cu acționare electro-hidraulică, soluție care, în prezent, se afla în **faza de patentare**.

BIBLIOGRAFIE

- [1] Objectives Europa 2020. In: http://ec.europa.eu/europe2020/europe-2020-in-a-nutshell/targets/index_ro.htm
- [2] Strategia RO Strategia energetică a României pentru perioada 2007 – 2020 actualizată pentru perioada 2011 – 2020. / Romanian Energy Strategy for the period 2007 - 2020 updated for the period 2011-2020. In: http://www.mmediu.ro/protectia_mediului/evaluare_impact_planuri/2011-11-07/2011-11-07_evaluare_impact_planuri_strategiaenergeticaactualizata2011.pdf
- [3] Planul Național de Acțiune în Domeniul Energiei din Surse Regenerabile/*National Action Plan for Renewable Energy (PNAER)* In: http://www.minind.ro/energie/PNAER_final.pdf
- [4] Rusănescu, C.O., Paraschiv, G., Murad, E., Duțu, M.F., *Monitoring solar radiation intensity with sun-earth angle in the year 2011 in the north west of Bucharest*, In: INMATEH – Agricultural Engineering, Vol. 40, No. 2 / 2013, pp. 97-102.
- [5] Cotfas, D. T., Cotfas, P. A., Cojocariu, C., Costinescu, L., Samoila, C. (2008), *Solar Tracker cu algoritm matematic*, Conferinta Națională de Instrumentatie Virtuală, Editia a V-a, București;
- [6] Dombi, V.E., *Tracking optimization of the flat solar thermal collectors depending on the thermal energy demand of a building*, Ph. D. Thesis, Transilvania University of Brașov, Romania, 2011.
- [7] Șerban, C., *Adjustment of the tracking system of solar-thermal collectors to the heating load of a building*, Ph. D. Thesis, Transilvania University of Brașov, Romania, 2012.
- [8] Dumitrescu, C., Cristescu, C., Niță, I., Matache, G., Ilie, I., *Considerations regarding the use of hydraulic and pneumatic trackers for photovoltaic panels to convert solar energy directly into electric energy*. In: *Proceedings of International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM-2013*, 16 – 22 June, 2013, Albena Co., Bulgaria, Vol.: „Energy and clean technologies”, pp. 77 – 84, ISBN 978-619-7105-03-2, ISSN 1314-2704, URL: www.sgem.org;
- [9] Cristescu, C., Dumitrescu, C., Ilie, I., Dumitrescu, L., *Increasing energy efficiency of the solar thermal panels through the use of hydraulic tracking systems*, In: *Proceedings of International Multidisciplinary Scientific Geo-Conference SGEM-2014*, 17 – 26 June, 2014, Albena Co., Bulgaria, Vol.: „Energy and clean technologies”, pp. 291 – 298, ISBN 978-619-7105-15-5, ISSN 1314-2704, URL: www.sgem.org
- [10] Cristescu, C., Radoi, R., Dumitrescu, C., *Hydrostatic Transmissions Used to Drive a Collapsible Solar Thermal Collector*, In: *Hidraulica* no. 2, 2015, pp. 57-63, ISSN 2343-7707; ISSN 1453-7303