

**UNIVERSITATEA „ȘTEFAN CEL MARE” SUCEAVA
FACULTATEA DE INGINERIE ELECTRICĂ ȘI ȘTIINȚA CALCULATOARELOR
DOMENIUL: INGINERIE ELECTRICĂ**

**NOI CONTRIBUȚII TEORETICE ȘI
EXPERIMENTALE PRIVIND PERFEȚIONAREA
MOTOARELOR SOLARE BAZATE PE CONVERSIA
HELIO-TERMO-MECANICĂ**

REZUMATUL TEZEI DE DOCTORAT

Conducător științific
Prof. univ. dr. ing. Dorel CERNOMAZU
Prof. univ. dr. ing. Dan Laurențiu MILICI

Doctorand:
ing. Adrian Neculai ROMANESCU

Suceava – 2017

Mulțumiri

Pentru îndrumarea competentă, tactul și răbdarea de care a dat dovadă în perioada de pregătire și elaborare a lucrării, rigoarea științifică, observațiile și sugestiile oferite cu generozitate doresc să exprim sentimentele cele mai alese de respect și întreaga mea gratitudine conducătorului științific al tezei de doctorat, domnul profesor universitar dr. ing. Dan Laurențiu MILICI.

Gânduri de recunoștință și mulțumire se îndreaptă și către regretatul profesor universitar dr. ing. Dorel CERNOMAZU conducător științific al acestei teze de doctorat, care, cu răbdare și profesionalism m-a sprijinit, îndrumat, ajutat în primii ani de cercetare.

Întreaga mea considerație se îndreaptă către membrii comisiei de evaluare, prof. univ. dr. ing. Mihai CREȚU, prof. univ. dr. ing. Romeo Cristian CIOBANU și prof. univ. dr. ing. Radu Dumitru PENTIUC, pentru sfaturile și sugestiile oferite, menite să ajute la șlefuirea și finalizarea tezei de doctorat.

De asemenea, țin să mulțumesc membrilor comisiei de îndrumare și evaluare, ș. l. dr. ing. Elena-Daniela OLARIU, conf. univ. dr. ing. Cezar Dumitru POPA și conf. univ. dr. ing. Mihai RAȚĂ, care cu răbdare și profesionalism, au încurajat, în perioada individuală de pregătire, permanent, conținutul științific al cercetării mele.

Mulțumesc întregului colectiv al Departamentului de Electrotehnică al Facultății de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor din cadrul Universității "Ștefan cel Mare" Suceava.

Totodată, aduc deosebite mulțumiri colegilor și colaboratorilor mei, doctoranzi în domeniul Inginerie Electrică, pentru susținerea și încurajarea oferită, contribuind astfel la perfecționarea și finalizarea acestui demers științific.

*Doctorandul mulțumește **Centrului integrat de cercetare, dezvoltare și inovare pentru Materiale Avansate, Nanotehnologii și Sisteme Distribuite de Fabricație și Control**, dezvoltat în cadrul Contractului nr. 671/09.04.2015, Programul Operațional Sectorial Creșterea Competitivității Economice, cofinanțat din Fondul European de Dezvoltare Regională, pentru infrastructura de cercetare pusă la dispoziție și utilizată în cadrul tezei.*

Nu în cele din urmă aș dori să mulțumesc familiei mele care m-a susținut pe parcursul anilor de studiu și m-a înconjurat cu dragoste și încredere de reușită.

CUPRINS

Introducere.....	5	5
Capitolul 1 – Aspecte generale cu privire la elementele termobimetalice	9	8
1.1 Noțiuni fundamentale privind proprietățile elementelor termobimetalice.....	9	8
1.2 Actuatore - noțiuni introductive	15	-
1.3 Concluzii.....	17	-
Capitolul 2 – Stadiul actual al soluțiilor în domeniul motoarelor și actuatorelor solare cu bimetal.....	18	10
2.1 Noțiuni generale cu privire la radiația solară.....	18	-
2.1.1. Proprietățile de reflexie ale radiației termice la contactul cu diverse corpuri.....	21	-
2.2 Motoare și actuatore cu bimetal – stadiul actual la nivel mondial.....	22	10
2.3 Actuatore și motoare solare realizate anterior la Universitatea Ștefan cel Mare Suceava.....	28	11
2.3.1. Stadiul actual al soluțiilor în domeniul motoarelor solare bazate pe deformarea unor structuri solide.....	28	-
2.3.2. Grup motor-generator echipat cu motor Stirling cu pistoane libere și generator electric liniar.....	30	-
2.3.3 Actuator heliotermic cu lamele bimetalice asociat cu un concentrator cilindro-parabolic	32	11
2.3.4 Actuator heliotermic cu lamele bimetalice în formă de U asociat cu un concentrator cilindro-parabolic.....	33	-
2.3.5 Actuator heliotermic cu bimetal conic elicoidal și concentrator conic	34	12
2.3.6 Actuator heliotermic cu bimetal elicoidal și concentrator conic.....	34	12
2.3.7 Actuator heliotermic cu bimetal în formă de arc spiral plan și concentrator parabolic.....	35	-
2.3.8 Actuatore heliotermice cu tub Bourdon.....	36	-
2.4 Concluzii.....	39	-
Capitolul 3 – Încercări privind comportarea actuatorelor spirale.....	41	13
3.1 Considerații generale.....	41	13
3.2 Utilizarea tehnicilor psihologice de creație în scopul realizării unor noi variante constructive de actuatore cu lamelă bimetalică modelată sub formă de arc spiral plan.....	42	13
3.3 Încercări experimentale cu privire la comportamentul actuatorului solar cu spirală plană.....	47	16
3.4 Încercări experimentale cu privire la comportamentul actuatorului solar cu aripioare termoconductoare	49	16
3.5 Încercări experimentale cu privire la comportamentul actuatorului heliotermic cu bile plasate între spirele benzii bimetalice.....	51	17
3.6 Concluzii.....	55	-
Capitolul 4 – Evaluarea caracteristicilor actuatorelor spirale în diverse medii.....	58	18
4.1 Noțiuni introductive.....	58	18
4.2 Considerații cu privire la utilizarea tehnicilor psihologice de creație în vederea îmbunătățirii performanțelor actuatorului heliotermic sub formă de arc spiral plan prevăzut cu aripioare termoconductoare.....	59	19
4.3 Încercări experimentale cu privire la comportamentul actuatorului solar cu spirala plană,	62	19

Rezumat

imersată în diverse medii.....		
4.4 Concluzii.....	67	-
Capitolul 5 – Modele experimentale de actuator termobimetalice elicoidale.....	70	21
5.1 Generalități.....	70	-
5.2 Utilizarea tehnicilor psihologice de creație în scopul realizării unor noi variante constructive de actuator termobimetalice elicoidale.....	73	21
5.3 Încercări experimentale ale actuatorilor heliatermici elicoidale realizate în cadrul tezei de doctorat.....	79	24
5.4 Concluzii.....	86	-
Capitolul 6 – Proiectarea, realizarea și testarea unui actuator heliatermic cu dispunere liniară a lamelei termobimetalice.....	88	26
6.1 Introducere.....	88	-
6.2 Utilizarea tehnicilor psihologice de creație în scopul realizării unor noi variante constructive de actuator termobimetalice cu deplasare liniară.....	92	26
6.3 Modelare matematică a comportamentului unei lamele termobimetalice.....	95	-
6.4 Încercări experimentale ale actuatorului liniar cu bimetal realizat în cadrul tezei de doctorat.....	96	27
6.5 Concluzii.....	100	-
Capitolul 7 – Concluzii generale.....	102	30
7.1 Contribuțiile teoretice ale lucrării.....	103	31
7.2 Contribuțiile experimentale ale lucrării.....	104	32
7.3 Direcții de cercetare ulterioare.....	106	35
Referințe bibliografice.....	109	35
Anexa 1.....	127	-

INTRODUCERE

Extinderea automatizării în industrie, agricultură, medicină, transporturi, utilizări casnice etc. a determinat o creștere importantă a producției de echipamente electrice, printre care mașinile electrice ocupă un loc privilegiat. După o evaluare exhaustivă, se poate aprecia că, la momentul actual, parcul mondial de mașini de mică putere depășește câteva miliarde de bucăți [44], [45].

Progresele tehnicii militare și spațiale ale microroboticii și microtehnologiilor au condus la apariția unei categorii noi de motoare și micromotoare, cunoscute sub denumirea de „motoare neconvenționale”. Spre deosebire de motoarele electrice, considerate convenționale și bazate, în exclusivitate, pe forțele dezvoltate în câmp magnetic și electric, cele neconvenționale sunt realizate și funcționează pe baza unor forțe de altă natură, prezentate deja, în literatura de specialitate. În această categorie, un loc important îl ocupă și motoarele și actuatorile solare, care fac obiectul tezei de doctorat. Evident, abordarea unei astfel de direcții de cercetare, în cadrul unei teze de doctorat, este legată de creșterea continuă a cerințelor de energie, în condițiile existenței, pe planeta noastră, a unor resurse energetice convenționale limitate. În acest context, heliotehnica este din ce în ce mai mult implicată în găsirea unor soluții actuale și de perspectivă.

În estimarea posibilităților de utilizare a energiei solare, în aplicațiile terestre, trebuie avute în vedere atât avantajele, cât și dezavantajele acesteia. De exemplu, în anumite situații, variabilitatea direcției radiației solare, determinată de mișcarea aparentă a Soarelui (diurnă și anotimpuală), implică utilizarea unor sisteme de orientare a captatoarelor, care pot complica și scumpi, uneori substanțial, instalația solară. Faptul că energia solară este dispersată, conduce la necesitatea utilizării unor suprafețe mari de captare, care pot ridica uneori, probleme de spațiu. Un alt aspect al caracterului dispersat al energiei solare, îl constituie obligativitatea de a recurge la concentrarea radiației solare, în numeroase aplicații [44], [45].

Primele utilizări ale energiei solare, prin captare, datează din antichitate. Amintim că Heron din Alexandria a construit un dispozitiv pentru pompare a apei care folosea ca sursă primară energia solară și, în secolul al III-lea î.Hr., matematicianul grec Arhimede a apărut cetatea Siracuză (Sicilia) de atacurile flotei romane, cu ajutorul unor oglinzi uriașe care orientau fasciculele de lumină spre navele inamice, incendiindu-le pânzele [199], [215], [216], [217].

Leonardo da Vinci, unul din marii inventatori ai secolului XVI, a realizat concentratoare solare pentru captarea energiei solare, însemnările și notițele sale conținând mai multe desene și modele pentru astfel de dispozitive de captare [199], [215], [216], [217].

În anul 1772 savantul francez Antoine Lavoisier a construit un cuptor solar pentru concentrarea razelor solare pe care l-a folosit pentru topirea metalelor [199], [215], [216], [217].

Fizicianul Alexandre-Edmond Becquerel a publicat în anul 1838 date referitoare la natura materialelor care transformau lumina solară în energie. Ele au fost considerate interesante dar cercetările s-au oprit [199], [215], [216], [217], [279], [280].

Fizicianul și matematicianul francez Auguste Mouchot a fost primul care a brevetat un motor funcționând pe bază de energie solară. Primul experiment l-a realizat cu un cazan acoperit la partea superioară cu sticlă, dar cantitatea și presiunea aburului produs fiind mică, a folosit un reflector care concentra radiația solară pe cazan. În anul 1865 a reușit să pună în funcțiune, cu această instalație, un motor solar de dimensiuni mici, acționat de aburul produs. Mai târziu, el a îmbunătățit sistemul de captare a radiației solare și a dotat concentratorul, sub formă de oglindă

parabolică, cu un sistem de urmărire a soarelui, după două axe: azimut, respectiv înălțime [199], [215], [216], [217]..

După șapte ani, în anul 1872, a expus sistemul la Liceul din Tours. Pentru a verifica instalația realizată, a conectat la aceasta un motor solar, care acționa o pompă de apă. În anul 1878, acesta a fost expus la o expoziție din Paris [199], [215], [216], [217]..

Abel Pifre a fost un inginer francez care a dezvoltat prima mașină de tipărit care funcționa pe baza energiei solare. El a fost inițial asistentul lui Auguste Mouchot care a dezvoltat primul motor solar, dar mai târziu el a dezvoltat tehnologii solare independent de mentorul său. Studiile, cercetările și rezultatele acestor cercetări sunt preluate și continuate de William Adams, Charles Tellier, John Ericsson, A.G. Eneas, Shuman și mulți alții. Din păcate, aceste prime realizări și altele care au urmat, au fost repede marginalizate datorită concurenței combustibililor fosili (cărbune, petrol, lemn) existenți la acea dată în cantități uriașe și la prețuri reduse [199], [215], [216], [217], [279], [280], [286].

Interesul pentru energia solară, în speță pentru conversia helio-mecanică, a fost revigorat abia după criza petrolului, survenită în decembrie 1973. În țări precum S.U.A., Japonia, Franța etc. au fost intensificate cercetările în direcția conversiei helio-mecanice. În ultimii ani au fost înregistrate sute de brevete de invenții în domeniul motoarelor solare. Unele din cercetările întreprinse au făcut obiectul unor lucrări de disertație sau teze de doctorat. Motoarele solare au devenit obiecte de studiu în cadrul unor discipline precum: „motoare neconvenționale” sau „actuatoare neconvenționale” introduse deja în programele de studiu ale unor universități tehnice [215], [216], [217].

Unul dintre domeniile de aplicație al motoarelor solare, cunoscut pentru rezultatele promițătoare obținute, este legat de producerea energiei electrice. În S.U.A. este dezvoltat conceptul “Dish-Stirling”, care presupune asocierea unui motor Stirling cu un concentrator parabolic. Motorul Stirling plasat în focarul concentratorului este cuplat în prelungirea unui generator de curent continuu sau alternativ, care constituie, în fapt, sursa de energie electrică. Conceptul “Dish-Stirling” a constituit punctul de plecare a numeroase programe și proiecte energetice finalizate în S.U.A. Principalul argument în derularea acestor programe îl reprezintă valoarea ridicată a randamentului în cazul sistemelor “Dish-Stirling” (20-30%). Pentru prima dată, în evoluția motorului solar, acesta devine un concurent apreciabil, în raport cu motoarele convenționale [215], [216], [217].

Primele cercetări în România în domeniul motoarelor solare au fost demarate la ICPE București, unde în anul 1988 a fost realizat și experimentat, în premieră, un motor gravitațional cu lamele bimetalice. După anul 1989, o mare parte din cercetările în domeniul conversiei energiei solare au fost abandonate, deși alte țări, cu resurse energetice solare mult mai modeste, precum Danemarca, au continuat să acorde acestui domeniu o atenție particulară și fonduri pe măsură. Domeniul motoarelor electrice, foarte puțin cunoscut și cercetat în România, a fost și el abandonat. Cercetările au fost reluate în anul 1995 la Universitatea “Ștefan cel Mare” din Suceava, unde un grup de cercetători entuziaști, după contactul cu preocupările și realizările cercetătorilor francezi de la Universitatea de Științe și Tehnologii din Lille, au întreprins primele studii în domeniul motoarelor solare. În anul 1996 au fost realizate, experimentate și brevetate primele două tipuri de micromotoare solare, bazate pe conversia helio-electro-mecanică. Doi ani mai târziu, au fost realizate primele micromotoare cu actuatoare electromecanice cu lichid volatil, bazate pe conversia helio-termică și a fost realizată prima variantă de micromotor solar cu propulsor bimetalic [286].

În prezent, cercetările continuă în cadrul Centrului de Cercetare în domeniul Mașini, Aparare și Acționări Electrice (EMAD), organizat în cadrul Universității „Ștefan cel Mare” Suceava, lucrarea de față reprezentând continuarea tezelor de doctorat: „Contribuții teoretice și experimentale privind realizarea și experimentarea unor motoare electrice solare” realizată de domnul ș.l. dr. ing. Constantin UNGUREANU și “Contribuții teoretice și experimentale privind perfecționarea motoarelor solare bazate pe conversia termomecanică”, realizată de dl. dr. ing. Nicolae SOREA, sub conducerea științifică a domnului prof. univ. dr. ing. Dorel CERNOMAZU [199], [203], [216], [217], [218], [219], [279], [280], [286].

Plecând de la soluțiile realizate de predecesorii săi, autorul tezei de doctorat, utilizând tehnicile psihologice de creație a realizat noi soluții de motoare și actuatoare solare cu performanțe mărite.

Aceste metode se bazează mai puțin pe logica gândirii umane și mai mult pe activizarea capacităților creatoare ale inventatorului, pe intuiție, fantezie, afinitate față de analogii și metafore, pe capacitatea de conlucrare a conștientului cu subconștientul, pe implicarea laturii emoționale ale spiritului său; avantajele dezvoltării și elaborării de noi tehnici și metode psihologice de creație sunt deja cunoscute [43].

Printre tehnicile mai importante pentru stimularea creativității în tehnică, pot fi citate: asocierea consonantă, analogia, evocarea, extrapolarea, empatia, inversia și fantezia, iar dintre metodele de creație, se pot cita, brainstormingul, sinectica, Philips 66, discuția Panel, metoda 6-3-5, metoda Frisco, metoda oracolului Delphi, metoda ghirlandelor de asociații și metode euristice generalizate [43].

Pentru rezolvarea problemelor de creativitate tehnică ale lucrării, o importanță primordială, o are tehnica analogiei și extrapolării. Afirmatia făcută pleacă de la constatarea că, împrumutul de idei de la soluția analoagă, mai mult sau mai puțin apropiată, reprezintă una din tehnicile de creație cele mai eficiente. Discipline științifice întregi (bionica, fluidica, teoria hidrodinamică a așchierii metalelor la viteze supraînaltate etc.) se bazează pe analogie și extrapolare [43].

Lucrarea cuprinde o introducere, șapte capitole și o notă cu referințe bibliografice, cuprinzând 286 de semnalări. Aceasta mai conține și o anexă, în care sunt prezentate elemente de detaliu în legătură cu conținutul lucrării.

Capitolul 1 *”Aspecte generale cu privire la actuatoarele cu elemente termobimetalice”* oferă detalii cu privire la proprietățile termobimetalului și la comportamentul acestuia. De asemenea sunt prezentate noțiuni cu privire la actuatoare și caracteristicile de performanță ale acestora.

Capitolul 2 *”Stadiul actual al soluțiilor în domeniul motoarelor și actuatoarelor solare cu bimetal”* oferă un studiu detaliat cu privire la soluțiile existente în literatura de specialitate, a căror funcționare se bazează pe conversia helio-termo-mecanică. Variantele de motoare și actuatoare solare prezentate sunt grupate în două părți: soluțiile existente la nivel mondial și soluțiile dezvoltate în cadrul Universității Ștefan cel Mare. Suceava, evidențiind modul de funcționare, variante ce pot constitui un câmp vast de activitate pentru investigații teoretice și încercări experimentale.

Capitolul 3 *”Încercări privind comportarea actuatoarelor spirale”* cuprinde contribuțiile privind utilizarea tehnicilor psihologice de creație la realizarea unor actuatoare heliotermice cu spirală bimetalică plană plasată în aer și determinarea experimentală a performanțelor acestora și trasarea curbilor caracteristice.

Capitolul 4 *"Evaluarea caracteristicilor motoarelor și actuatorilor spirale în diverse medii"* prezintă contribuțiile privind îmbunătățirea performanțelor actuatorului termobimetalic cu spirală plană (cursa activă a elementului de execuție, timpul de răspuns termic, forța și cuplul dezvoltate), prin imersarea în diferite materiale, lichide sau granulare, conductoare de energie termică.

Capitolul 5 *"Modele experimentale de actuator termobimetalic elicoidal"* introduce utilizarea tehnicilor psihologice de creație în vederea găsirii de soluții tehnice noi pentru realizarea unor actuatori helioterme elicoidale.

Capitolul 6 *"Proiectarea, realizarea și testarea unui actuator helioteric cu dispunere liniară a lamelei termobimetalice"* prezintă contribuțiile autorului cu privire la realizarea a două variante de actuatori helioterme, una cu lamelele bimetalice fixate de uncapăt în poziție verticală, iar cea de-a doua variantă cu lamelele bimetalice fixate în poziție orizontală..

Capitolul 7 prezintă concluziile generale ale lucrării, contribuțiile în domeniul studiat, precum și direcțiile viitoare pentru continuarea cercetărilor.

Capitolul 1

ASPECTE GENERALE CU PRIVIRE LA ELEMENTELE TERMOBIMETALICE

1.1 NOȚIUNI FUNDAMENTALE PRIVIND PROPRIETĂȚILE ELEMENTELOR TERMOBIMETALICE

Termobimetalul este un sistem des folosit în construcția aparatelor electrice de diverse tipuri. În majoritatea schemelor de automatizare și control se găsesc, într-o formă sau alta, diverse tipuri de lamele termobimetalice a căror fabricație este relativ ieftină și care dau rezultate surprinzător de bune.

După cum se cunoaște, bimetalul, poate fi definit ca un sistem metalic fabricat în formă de tablă sau benzi, compus din două componente metalice unite și caracterizate prin coeficienți de dilatare diferiți, fapt ce conduce la un fenomen de încovoiere în momentul încălzirii.

Principiul de funcționare al actuatorilor termomecanice cu bimetal este dilatarea unui element activ solid. Elementul solid din componența acestui tip de actuator este bimetalul, care are, în structură, materiale metalice cu coeficienți de dilatare diferiți, materiale îmbinate nedemontabil între ele prin nituire, lipire sau sudură.

Cele două benzi termobimetalice (fig. 1.4) sunt caracterizate de același modul de elasticitate E , dar prezintă coeficienți diferiți de dilatare. Au lungimea l_0 la temperatura T_0 dar prin încălzire, la o temperatură T , cele două benzi vor avea lungimi diferite [199], [202], [203]:

$$\begin{aligned} l_1 &= l_0 [1 + \alpha_1 (T - T_0)] \\ l_2 &= l_0 [1 + \alpha_2 (T - T_0)] \end{aligned} \quad (1.9)$$

În condițiile în care $\alpha_2 > \alpha_1$ rezultă că $l_2 > l_1$.

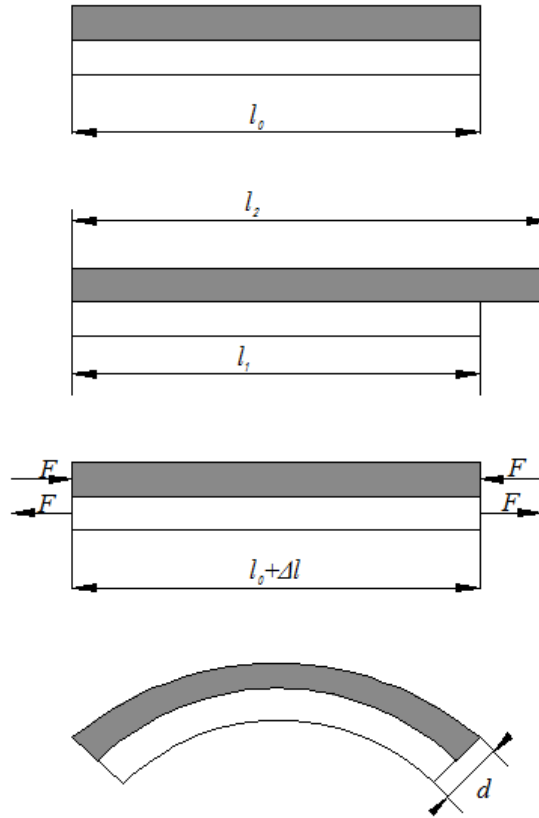


Fig. 1.4 Încovoierea benzilor metalice din componența unui element termobimetalic [34]

Dacă în centrele secțiunilor ambelor benzi se aplică niște forțe F , astfel încât lungimile lor să devină din nou egale, dar nu la lungimea inițială l_0 , va rezulta o întindere cu Δl a benzii cu coeficient de dilatare termică mai mic α_1 și o comprimare a benzii, cu coeficient termic de dilatare mai mare α_2 și astfel vom obține o variație a lungimii straturilor, sub acțiunea forței F . Conform legii lui Hook [34]:

$$\Delta l = \frac{F \cdot l_0}{E \cdot S} [mm], \quad (1.10)$$

unde:

E este modulul de elasticitate a materialelor, în $[N/mm^2]$;

$S = \frac{d}{2} b$ reprezintă aria secțiunii transversale în $[mm^2]$;

d și b reprezintă grosimea, respectiv lățimea benzii metalice.

Banda 1 se va alungi datorită variației de temperatură și datorită forței F și va prezenta o lungime l_1 , iar banda 2 va prezenta o lungime l_2 :

$$\begin{aligned} l_1 &= l_0 \alpha_1 (T - T_0) + \frac{F \cdot l_0}{E \cdot S}; \\ l_2 &= l_0 \alpha_2 (T - T_0) - \frac{F \cdot l_0}{E \cdot S}. \end{aligned} \quad (1.11)$$

Dacă ținem cont de condiția $l_1 = l_2$, va rezulta valoarea forțelor, care, aplicate din exterior asupra celor două benzi, împiedică dilatarea lor neuniformă:

$$F = \frac{E \cdot b \cdot d}{4} (\alpha_2 - \alpha_1) (T - T_0) [N], \quad (1.12)$$

Capitolul 2

STADIUL ACTUAL AL SOLUȚIILOR ÎN DOMENIUL MOTOARELOR ȘI ACTUATOARELOR SOLARE CU BIMETAL

2.2 MOTOARE ȘI ACTUATOARE CU BIMETAL - STADIUL ACTUAL LA NIVEL MONDIAL

La nivel mondial studiul actuatorilor cu bimetel furnizează soluții diverse și complexe.

O primă soluție realizată cu bimetel, prezentată în fig. 2.3, este un sistem de urmărire a sursei de lumină compus dintr-un captator solar montat pivotabil pe un sistem de glisare și un traductor termomecanic realizat din două actuatori termobimetalice. În funcție de radiația solară, cele două actuatori termobimetalice vor determina pivotarea receptorului solar, modificând unghiul de orientare a acestuia.

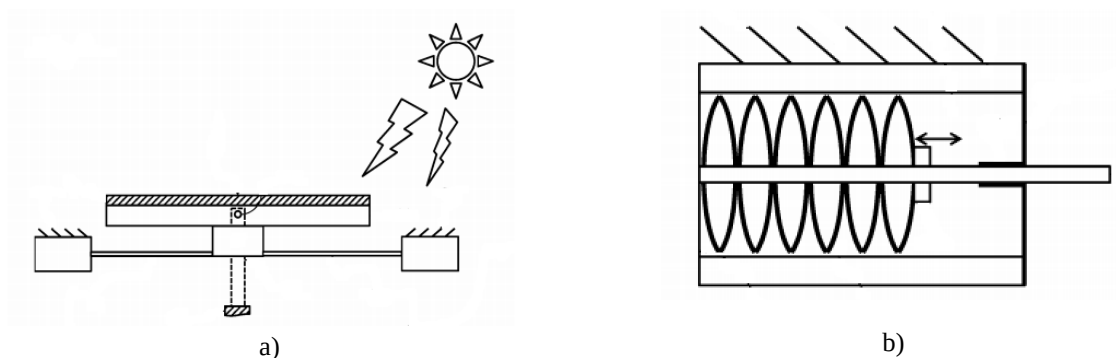


Fig. 2.3 Sistem de urmărire a sursei de lumină

a) vedere longitudinală prin dispozitiv; b) detaliu constructiv al actuatorului termobimetalic [178]

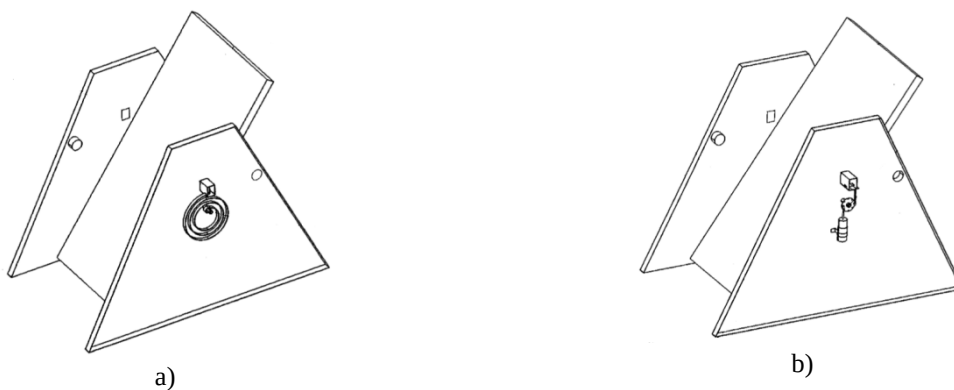


Fig. 2.4 Sistem pentru orientarea panourilor solare

a) vedere laterală a ansamblului cu lamela bimetalică; b) vedere laterală a ansamblului cu sistemul de expansiune pentru reglarea poziției panoului solar [171]

O altă soluție o reprezintă un sistem de orientare a panourilor solare realizat cu o spirală bimetalică plană, activată sub acțiunea căldurii generate de radiația solară, astfel încât aceasta să

regleze unghiul de orientare a panoului fotovoltaic. Capătul liber al spiralei bimetalice este montat pe un ax pe care îl antrenează într-o deplasare unghiulară ce determină reglare poziției panoului în funcție de mișcarea aparentă a Soarelui pe bolta cerească.

2.1 ACTUATOARE ȘI MOTOARE SOLARE REALIZATE ANTERIOR LA UNIVERSITATEA ȘTEFAN CEL MARE SUCEAVA

2.3.3 Actuator heliotermic cu lamele bimetalice asociat cu un concentrator cilindro-parabolic

Actuatorul heliotermic detaliat în fig. 2.16 este constituit din niște module, care alunecă pe niște ghidaje fixate, la extremități, de pereții unui concentrator solar, constituit dintr-o oglindă cilindro-parabolică asociată în părțile laterale cu niște oglinzi plane, înclinate [199], [279], [280]. Extremitățile concentratorului invocat sunt consolidate prin niște plăci suport. Placa suport este prevăzută, la partea inferioară, cu un picior de sprijin, montat într-o articulație tip „nucă”, plasată pe o suprafață orizontală.

Fiecare din modulele termobimetalice este constituit dintr-un bloc paralelipipedic masiv, realizat din aliaj de aluminiu, care alunecă pe cele două ghidaje care asigură mobilitatea. Mișcarea este produsă prin deformarea, sub acțiunea căldurii de origine solară, a unor lamele bimetalice, fixate cu niște șuruburi pe fețele opuse ale blocului masiv, așezate perpendicular pe direcția de deplasare [199], [279], [280].

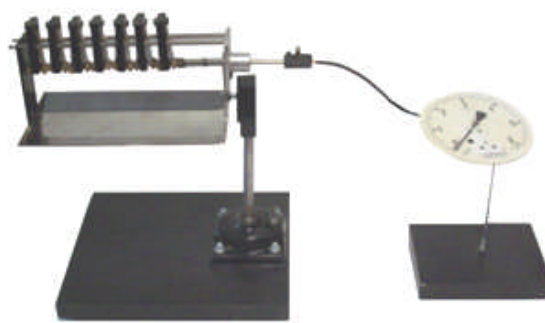
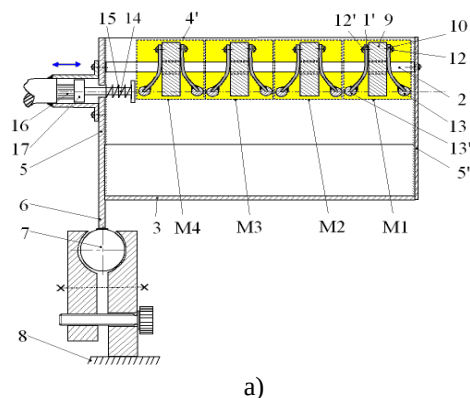


Fig. 2.16 Actuator heliotermic cu lamele termobimetalice asociat cu concentrator cilindro-parabolic

a) secțiune longitudinală prin actuatorul heliotermic; b) model experimental; [199], [279], [280]

M1, M2, M3, M4 – module termomecanice; 1, 2 – ghidaje; 3 – oglindă cilindro-parabolică; 4, 4' – suporti; 5, 5' – plăci suport; 6 – picior de sprijin; 7 – articulație tip „nucă”; 8 – suprafață orizontală; 9 – bloc paralelipipedic masiv; 10, 11 – lamele bimetalice; 12, 12' – șuruburi; 13, 13' – piese metalice; 14 – tijă mobilă; 15 – resort antagonist; 16 – cablu flexibil; 17 – piesă de legătură.

2.3.5 Actuator heliotermic cu bimetal conic elicoidal și concentrator conic

La actuatorul heliotermic cu bandă termobimetalică realizată după un traseu conic elicoidal, asociat cu un concentrator conic, prezentat în fig. 2.18, partea activă a actuatorului este constituită dintr-un convertor termobimetalic, realizat dintr-o bandă bimetalică, modelată după un traseu conic elicoidal [199], [279], [280].

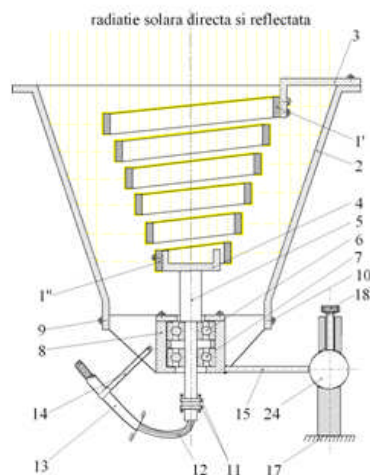


Fig. 2.18 Secțiune longitudinală prin actuatorul heliotermic cu convertor termobimetalic realizat după un traseu conic elicoidal asociat cu concentrator conic [199], [279], [280]

1 – bandă bimetalică; 2 – concentrator conic; 3 – ancoră metalică; 4 – butuc; 5 – arbore; 6, 7 – rulmenți radiali; 8 – piesă de sprijin; 9, 10 – șuruburi de prindere; 11 – piesă de cuplare; 12 – arbore flexibil; 13 – suport; 14 – ancoră; 15 – braț; 16 – articulație tip „nucă”; 17 – suprafață de sprijin; 18 – șurub de strângere

2.3.6 Actuator heliotermic cu bimetal elicoidal și concentrator conic

Partea activă a actuatorului este reprezentată printr-un convertor termobimetalic realizat dintr-o bandă bimetalică, modelată după un traseu elicoidal cilindric (fig. 2.19).

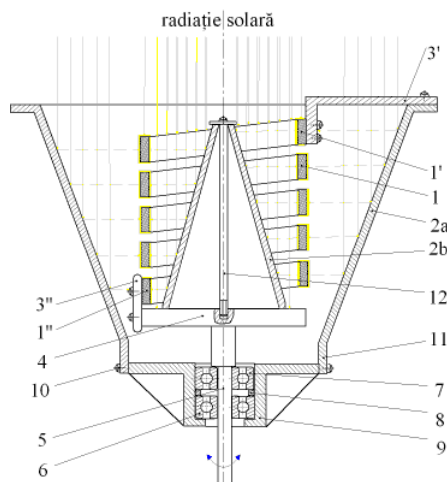


Fig. 2.19 Secțiune longitudinală prin actuatorul heliotermic cu convertor termobimetalic realizat după un traseu elicoidal cilindric asociat cu concentrator dublu conic [199], [279], [280]

1 – bandă bimetalică; 2a, 2b – concentratoare conice; 3', 3'' – ancore; 4 – butuc metalic; 5 – arbore; 6, 7 – rulmenți radiali; 8 – piesă de sprijin; 9 – piesă de fixare; 10, 11 – șuruburi; 12 – șurub de fixare.

Capitolul 3

ÎNCERCĂRI PRIVIND COMPORTAREA ACTUATOARELOR SPIRALE

3.1 CONSIDERAȚII GENERALE

În aplicațiile tehnice, termobimetalele au o largă utilizare, deoarece, la o variație de temperatură pot produc mișcare, datorită deformării, și forță, datorită tensiunilor interne, ce apar dacă forțele exterioare se opun producerii deformării [268], [269], [270].

Ambele efecte pot fi realizate cu termobimetale de cele mai diferite forme, precum [268], [269], [270], [271], [272], [273], [274], [286]:

- benzi subțiri care se încovoie;
- piese în formă de U la care variază unghiul de deschidere;
- spirale plane sau elicoidale care se torsionează;
- discuri a căror curbura variază.

3.2 UTILIZAREA TEHNICILOR PSIHLOGICE DE CREAȚIE ÎN SCOPUL REALIZĂRII UNOR NOI VARIANTE CONSTRUCTIVE DE ACTUATOARE CU LAMELĂ BIMETALICĂ MODELATĂ SUB FORMĂ DE ARC SPIRAL PLAN

În scopul creșterii performanțelor actuatorului cu lamelă bimetalică modelată sub formă de arc spiral plan prezentat în fig. 2.20 au fost realizate mai multe variante constructive, cum ar fi: actuatorul helioteermic mixt cu tub Boudon, actuatorul helioteermic sub formă de arc spiral prevăzut cu aripioare conductoare și actuatorul helioteermic cu arc spiral, prevăzut cu bile în intervalul dintre spire.

În fig. 3.2 este reprezentat actuatorul helioteermic cu spirală bimetalică plană și tub Bourdon.

Actuatorul helioteermic mixt cu concentrator parabolic conform invenției este realizat dintr-o spirală bimetalică 1, modelată după traseul unui arc spiral plan, spirală înglobată într-un mediu termoconductor din parafină 2, conținut într-un recipient cilindric plat 3, închis etanș și plasat, prin intermediul unui picior de sprijin tubular 4, în focarul unui concentrator parabolic 5, fixat într-un suport reglabil 6, pe o suprafață de sprijin 7. Deformația spiralei bimetalice 1, convertită în forță și mișcare de rotație, este transmisă, prin intermediul unui arbore flexibil 9, poziționat în interiorul suportului tubular 4, la unul din elementele acționate. Creșterea volumului mediului termoconductor 4, rezultat în urma transformării de fază solid – lichid, este compensată prin intermediul unor tuburi Bourdon 10 și 10' conectate la recipientul 3, prin intermediul unor canale colectoare 11, respectiv 11'. Datorită presiunii generate de parafina topită, deformarea către exterior a tuburilor Bourdon este convertită în forță și deplasare liniară prin intermediul unor tije cu rolă și resort 12, respectiv 12' [266].

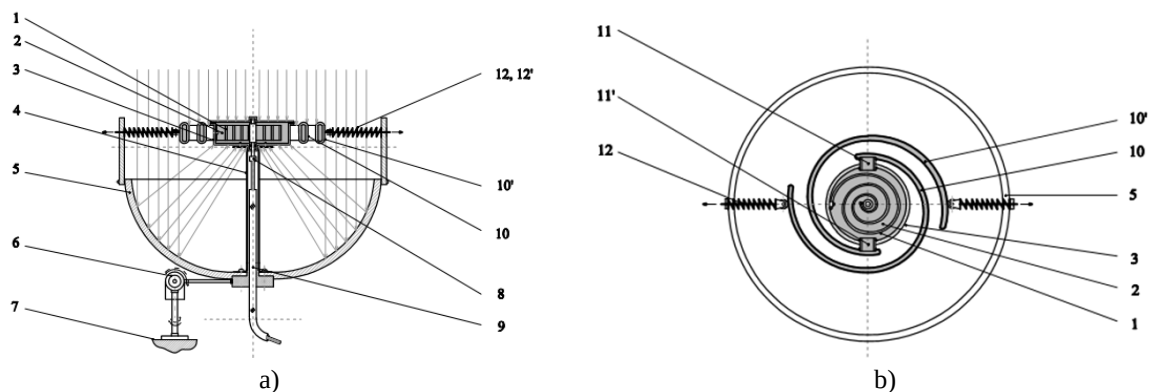


Fig. 3.2 Actuator heliotermic cu spirală bimetalică plană și tub Bourdon [266]

a) Secțiune longitudinală; b) secțiune transversală

1 – spirală termobimetalică; 2 – mediu termoconductor; 3 – recipient cilindric; 4 – picior de sprijin; 5 – concentrator parabolic; 6 – suport reglabil; 7 – suprafață de sprijin; 8 – cuplă mecanică; 9 – arbore flexibil; 10, 10' – tuburi Bourdon; 11, 11' – canale colectoare; 12, 12' – tije cu rolă și resort

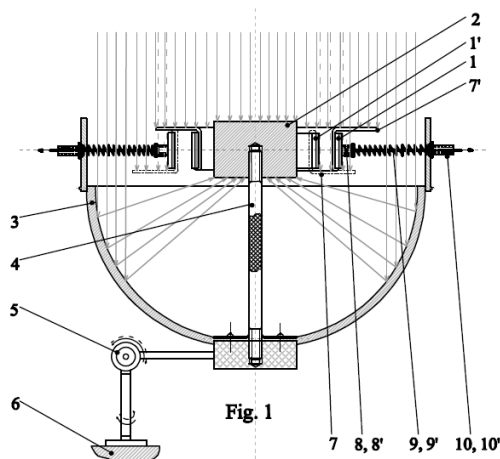


Fig. 1

Fig. 3.4 Secțiune longitudinală prin actuatorul solar cu aripioare termoconductive [267]

1, 1' – lamele termobimetalice; 2 – piesă cilindrică sub formă de butuc; 3 – concentrator parabolic; 4 – picior de sprijin; 5 – articulație de tip nucă; 6 – suprafață de sprijin orizontală; 7, 7' – aripioare termoconductive; 8, 8' – tije cu rolă; 9, 9' – resorturi; 10, 10' – bucșe de ghidaj

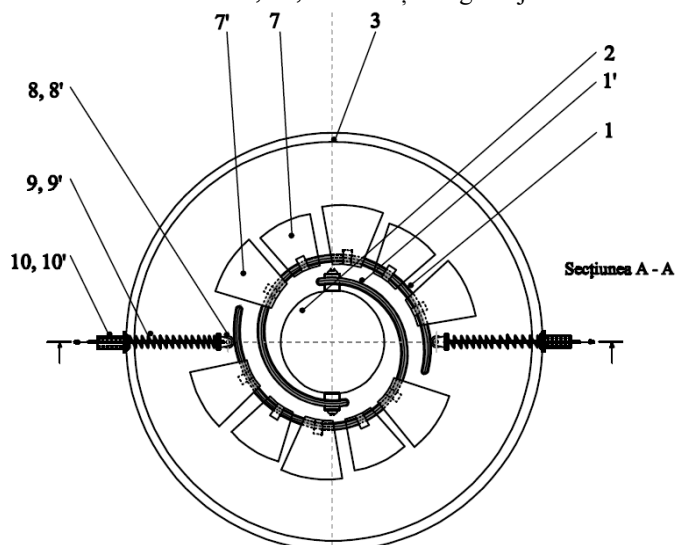


Fig. 3.5 Vedere de sus a actuatorului solar cu aripioare termoconductive [267]

1, 1' – lamele termobimetalice; 2 – piesă cilindrică sub formă de butuc; 3 – concentrator parabolic; 7, 7' – aripioare termoconductive; 8, 8' – tije cu rolă; 9, 9' – resorturi; 10, 10' – bucșe de ghidaj

A doua soluție realizată în cadrul tezei de doctorat este actuatorul heliotermic sub formă de arc spiral plan, prevăzut cu aripioare conductoare, prezentat în fig. 3.4 și fig. 3.5. Actuatorul heliotermic este constituit din niște lamele termobimetalice 1 și 1', modelate după conturul unui arc bimetalic lamelar curbat – preformat, în formă de arc de cerc. Arcul este încastrat la un capăt într-o piesă cilindrică 2, în formă de butuc, care este plasată, la rândul ei, în focarul unui concentrator parabolic 3. Elementul 4, realizat dintr-un material termoizolant, este utilizat ca și picior de sprijin. Ansamblul descris este montat prin intermediul unei articulații „tip nucă” 5 pe o suprafață de sprijin orizontală 6 [267].

O altă variantă realizată, reprezentată în fig. 3.6 și fig. 3.7, este un actuator heliotermic cu bile, realizat dintr-o bandă termobimetalică 1, modelată după un traseu spiralat plan și care este prevăzută, în intervalul dintre spire, cu niște bile realizate dintr-un material termoconductor.

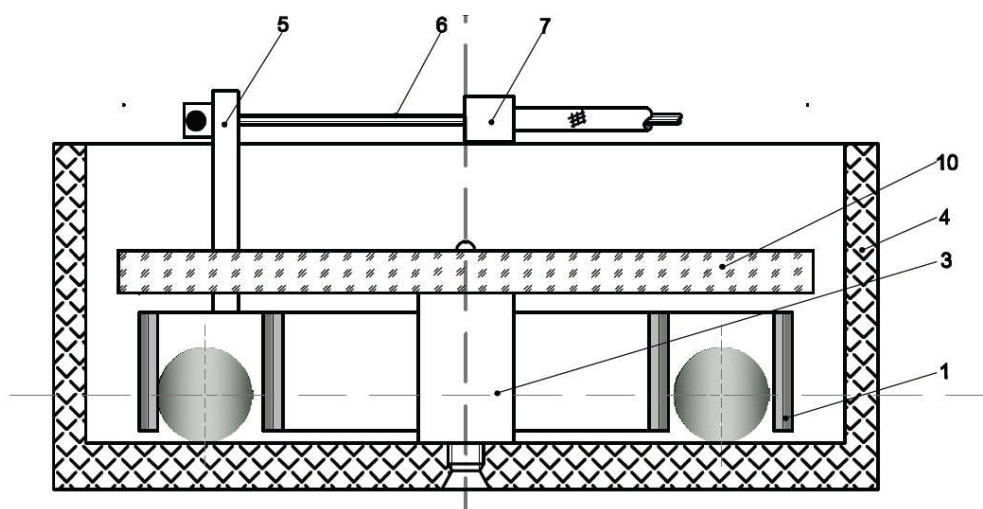


Fig. 3.6 Secțiune longitudinală prin actuatorul heliotermic cu bile plasate între spire [268]

1 - Bandă bimetalică; 3 - arbore pivot; 4 - carcasă cilindrică; 5 - pinten;
6 - cablu flexibil; 7 - manșon de fixare; 10 – capac transparent

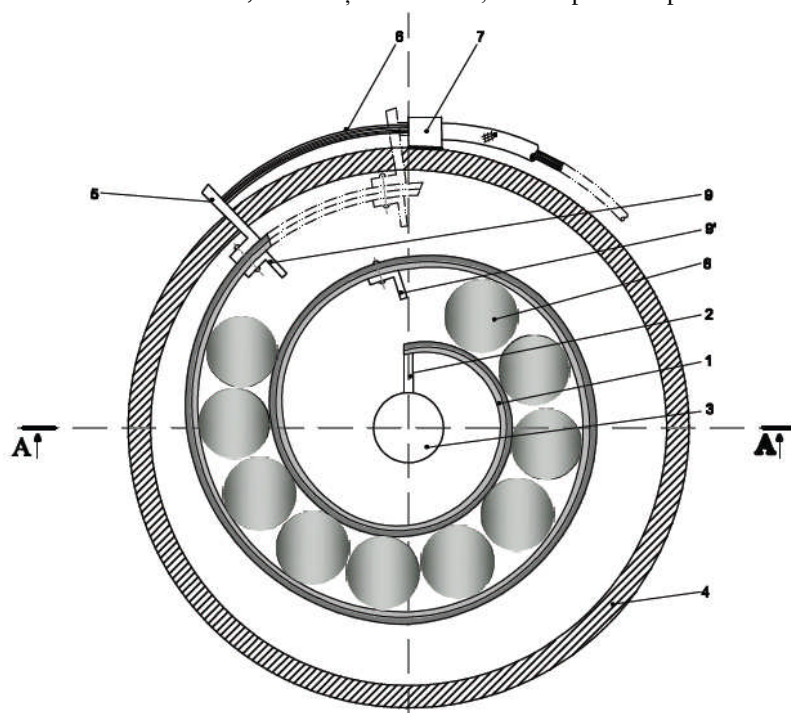


Fig. 3.7 Secțiune transversală prin actuatorul heliotermic cu bile plasate între spire [268]

1 - bandă bimetalică; 2 - piesă de ancorare; 3 - arbore pivot; 4 - carcasă cilindrică;
5 - pinten; 6 - cablu flexibil; 7 - manșon de fixare; 8 - bile metalice; 9,9' - opritoare

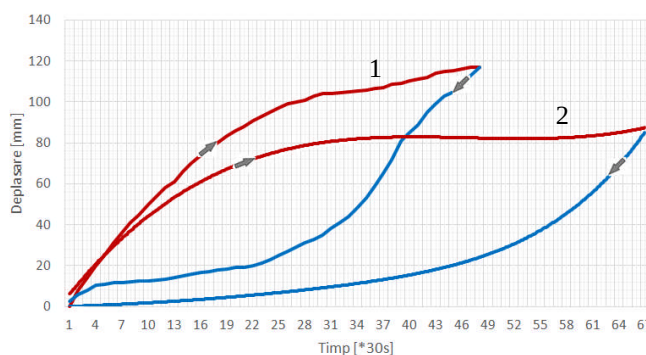
Bilele au rolul de a mări suprafața captatoare de radiație solară și de a facilita transmiterea mișcării către extremitatea liberă a benzii termobimetalice, a cărei configurație este modificată de căldura de origine solară.

3.3 ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE CU PRIVIRE LA COMPORTAMENTUL ACTUATORULUI SOLAR CU SPIRALĂ PLANĂ

Standul experimental pentru studiul comportamentului actuatorului solar cu spirală plană este prezentat în fig. 3.8 a, iar în fig. 3.8 b este prezentat comportamentul actuatorului în cadrul încercărilor experimentale în sarcină, respectiv în lipsa acesteia.



a)



b)

Fig. 3.8 Stand experimental pentru analiza actuatorului solar cu spirală plană [286]

a) prezentarea generală a actuatorului; b) încercări experimentale a actuatorului solar cu spirală bimetalică plană:
1 – încercare fără sarcină; 2 – încercare în sarcină

Deplasarea maximă a actuatorului, în cazul încercărilor acestuia fără sarcină, este de 117 mm, spirala fiind încălzită timp de 24 de minute, iar în sarcină ajunge la o deplasare maximă de 84 mm în 33 de minute.

3.4 ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE CU PRIVIRE LA COMPORTAMENTUL ACTUATORULUI SOLAR CU ARIPIOARE TERMOCONDUCTOARE

Pentru eficientizarea răspunsului actuatorului solar cu spirală termobimetalică plană am fixat pe corpul acestuia aripioare din material termoconductor.

Comportamentul actuatorului solar cu aripioare termoconductoare l-am experimentat cu ajutorul unui stand prezentat în fig. 3.9.

În fig. 3.10 este reprezentat comportamentul actuatorului termobimetalic cu aripioare termoconductoare, fără sarcină, respectiv în sarcină. Rolul aripioarelor termoconductoare este de a mări suprafața de absorbție a radiației solare și de a menține sursa de căldură pe o perioadă mai îndelungată.

Deplasarea maximă a actuatorului, în cazul încercărilor acestuia fără sarcină, este de 153 mm, în 17 minute, iar în sarcină ajunge la o deplasare maximă de 71,5 mm, în aceeași perioadă de timp.

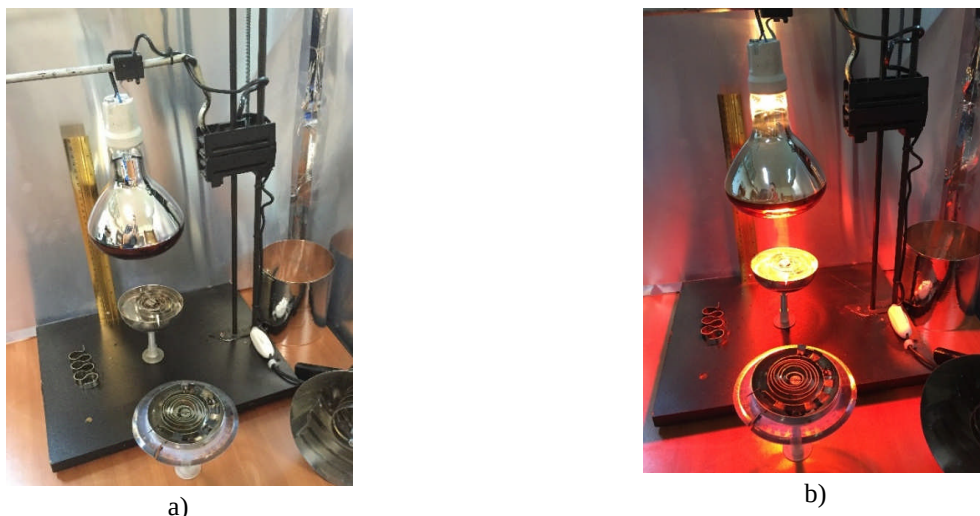


Fig. 3.9 Stand experimental pentru analiza actuatorului solar cu aripioare termoconductoare [276]

a) prezentarea generală a standului de încercare; b) încercări experimentale cu actuatorul solar cu aripioare termoconductoare

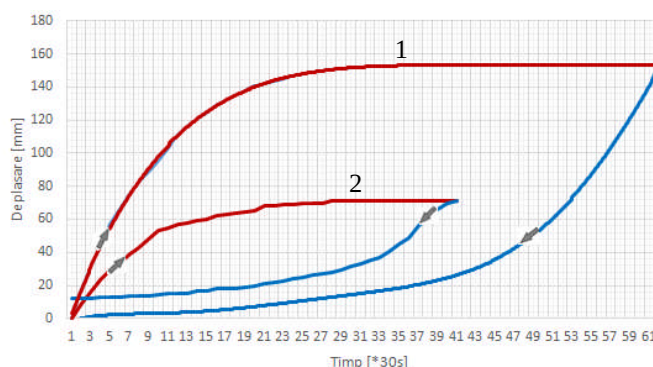


Fig. 3.10 Caracteristica deplasării în funcție de timp încălzire – răcire a actuatorului heliotermic bimetalic sub formă de arc spiral plan cu aripioare termoconductoare: 1 – încercare fără sarcină; 2 – încercare în sarcină

3.5 ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE CU PRIVIRE LA COMPORTAMENTUL ACTUATORULUI HELIOTERMIC CU BILE PLASATE ÎNTRE SPIRELE BENZII BIMETALICE

În fig. 3.13 este prezentat actuatorul heliotermic cu bile plasate între spirele benzii bimetalice (bile din alamă fig. 3.13 a, bile din ABS fig. 3.13 b și bile din oțel fig. 3.13 c). Aceste bile pot capta diferit energia termică provenită de la radiația solară. Materialul din care sunt compuse bilele influențează comportamentul actuatorului.

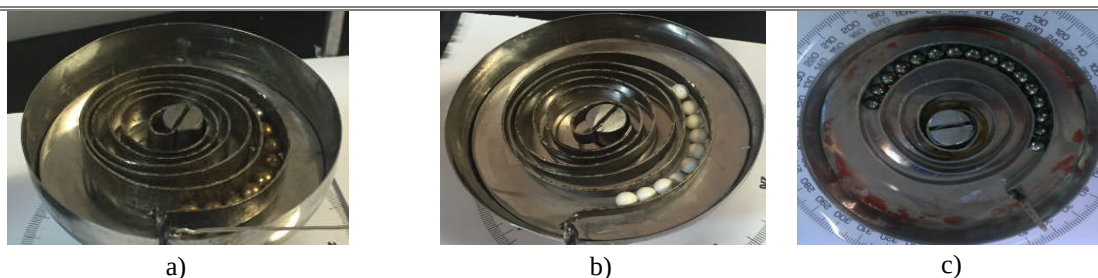


Fig. 3.13 Actuator heliotermic cu bile plasate între spirele benzii bimetalice [276]

a) bile cu alamă; b) bile cu ABS; c) bile cu oțel

În fig. 3.20, sunt prezentate graficele obținute în urma studiului comportamentului actuatorilor termobimetalice cu bile de alamă, bile de oțel, respectiv cu bile din ABS (acrilonitril – butadien - stiren), fără sarcină.

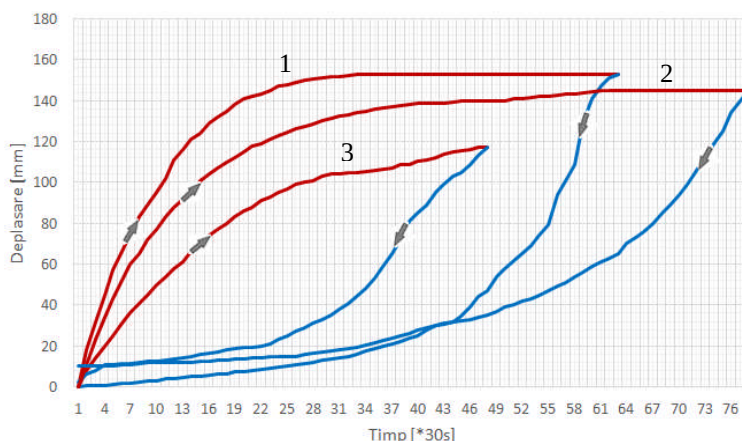


Fig. 3.20 Analiză comparativă a caracteristicii deplasării în funcție de timp încălzire – răcire a actuatorului heliotermic bimetalic fără sarcină: 1 – actuator heliotermic cu spirală termobimetalică plană prevăzută cu aripioare termoconductoare; 2 – actuator heliotermic cu spirală termobimetalică și bile din alamă; 3 - actuator heliotermic cu spirală termobimetalică

Capitolul 4

EVALUAREA CARACTERISTICILOR ACTUATOARELOR SPIRALE ÎN DIVERSE MEDII

4.1 NOȚIUNI INTRODUCTIVE

În general, în construcția actuatorilor heliotermice, sunt utilizate diverse materiale conductoare de energie termică pentru îmbunătățirea caracteristicilor de performanță (cursa activă a elementului de execuție, timpul de răspuns termic, forța și cuplul dezvoltate). Materialele utilizate în acest scop sunt, în general, sub formă de pulbere sau fulgi. De asemenea, parafina este utilizată, în cadrul actuatorilor, împreună cu polimeri, în scopul modificării vâscozității acesteia.

Încercările experimentale efectuate în cadrul tezei de doctorat în scopul îmbunătățirii performanțelor actuatorului termobimetalic cu spirală plană au fost realizate în diferite medii, cum ar fi: glicerină, parafină, ulei de transformator, clorură de sodiu și nisip cuarțos.

4.2 CONSIDERAȚII CU PRIVIRE LA UTILIZAREA TEHNICILOR PSIHOLOGICE DE CREAȚIE ÎN VEDEREA ÎMBUNĂȚĂȚIRII PERFORMANȚELOR ACTUATORULUI HELIOTERMIC SUB FORMĂ DE ARC SPIRAL PLAN PREVĂZUT CU ARIPIOARE TERMOCONDUCTOARE

În scopul creșterii performanțelor actuatoarei helioterme sub formă de arc spiral plan prevăzut cu aripioare termoconductoare, prezentat în fig. 3.2, au fost proiectate mai multe variante constructive îmbunătățite, prin utilizarea unor medii termoconductoare în care este imersată spirala bimetalică [274].

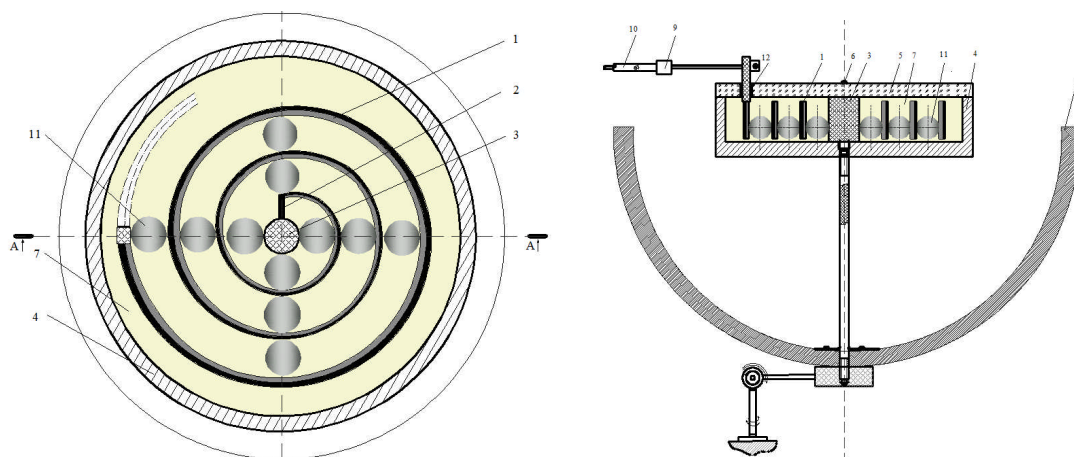


Fig. 4.1 Actuator helioteermic cu glicerină

a) Secțiune transversală; b) secțiune longitudinală

1- spirală bimetalică; 3 – arbore pivot; 4 – recipient din alamă; 5 – capac de sticlă; 6 – șurub de fixare; 7 – glicerină; 8 - concentrator parabolic; 9 – pinten; 10 – cablu flexibil; 11 – bile metalice; 12 – canal de ghidaj

O soluție de actuator helioteermic cu spirală termobimetalică ce utilizează ca mediu termoconductor glicerina este prezentat în fig. 4.1. Plecând de la soluția actuatoarei helioterme cu bile termobimetalice prezentată în capitolul anterior, am realizat o variantă de actuator, care combină efectul utilizării bilelor metalice între spire, cu capacitatea de acumulare și transfer a glicerinei prezentând marele avantaj că împiedică aglomerarea spirelor [277].

Astfel, actuatorul helioteermic este constituit dintr-un convertor termomecanic realizat dintr-o bandă termobimetalică 1, modelată după un traseu circular elicoidal plan și plasată într-o incintă din alamă 4, formând un ansamblu dispus în focarul unui concentrator parabolic 8, iar ansamblul convertor termomecanic - incintă din alamă este acoperit cu un capac din sticlă 5, prevăzut cu un canal, prin care, deformația spiralei termobimetalice 1, convertită în forță și deplasare unghiulară este transmisă, prin intermediul unui pinten 9 și a unui cablu flexibil 10, la un element acționat.

4.3 ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE CU PRIVIRE LA COMPORTAMENTUL ACTUATORULUI SOLAR CU SPIRALA PLANĂ, IMERSATĂ ÎN DIVERSE MEDII

Performanțele actuatoarei solare prevăzut cu aripioare termoconductoare din cupru au fost analizate comparativ pentru cazurile în care spirala bimetalică a fost plasată în diferite medii: uleiul de transformator, parafina, glicerina, NaCl, pulbere de aluminiu și nisip cuarțos.

În fig. 4.4 este prezentat actuatorul bimetalic imersat în diferite medii solide, iar în fig. 4.5 este prezentat standul experimental pentru cazul în care spirala bimetalică este imersată în diverse medii lichide.

În fig. 4.6 este prezentat comportamentul actuatorului termobimetalic cu spirala bimetalică amplasată în medii solide, precum pulbere de aluminiu, nisip, NaCl, fără sarcină, iar în fig. 4.9 este prezentat comportamentul actuatorului termobimetalic cu spirala bimetalică amplasată în medii lichide.

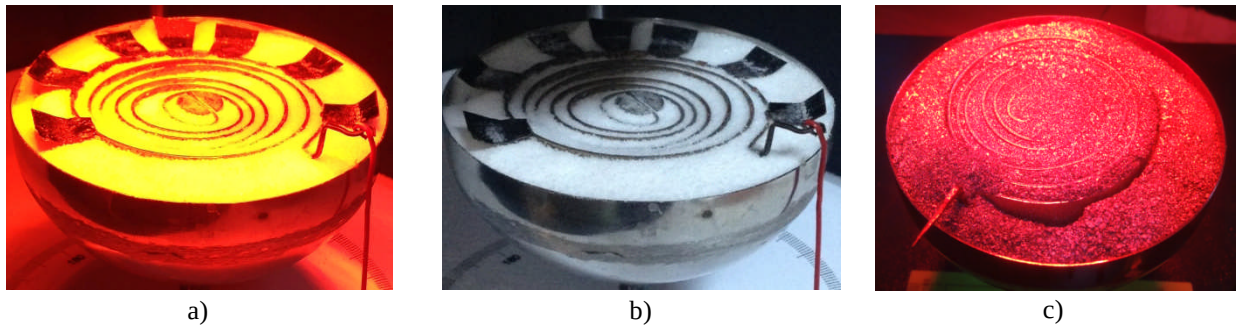


Fig. 4.4 Actuator heliotermic cu spirala bimetalică plasată în diferite medii solide
a) nisip; b) NaCl; c) pulbere de aluminiu

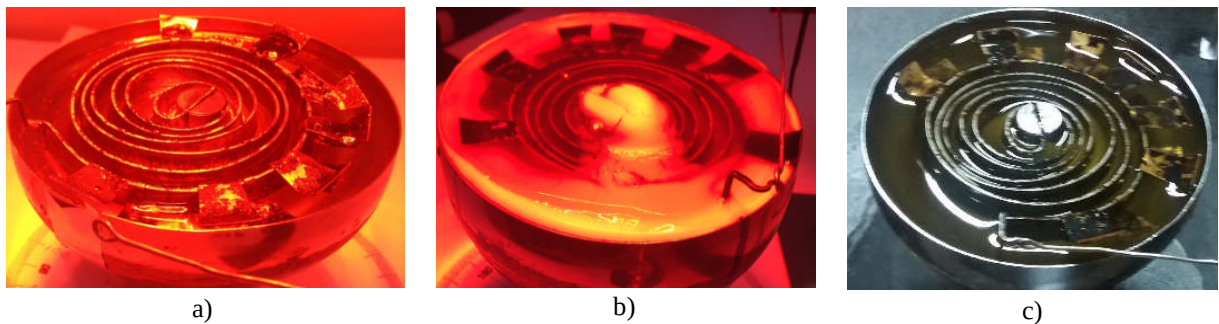


Fig. 4.5 Actuator heliotermic cu spirala bimetalică plasată în diferite medii lichide
a) ulei de transformator; b) parafină; c) glicerină

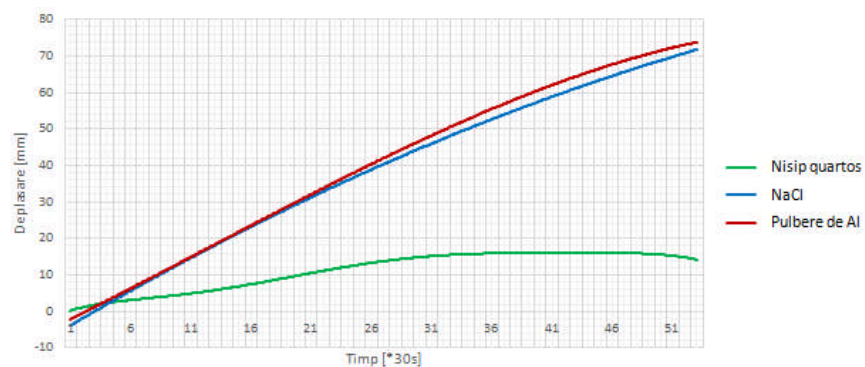


Fig. 4.6 Caracteristica deplasării în funcție de timp la încălzire a actuatorului heliotermic cu spirala bimetalică imersată în medii solide: în aluminiu, în NaCl, în nisip quartos

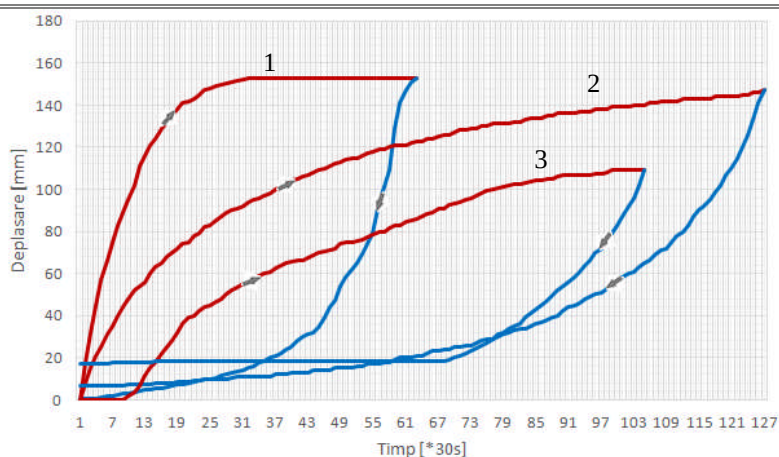


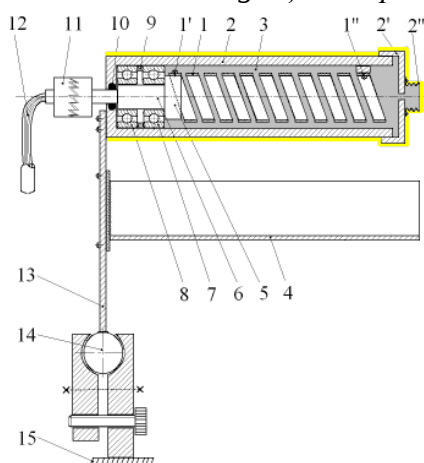
Fig. 4.9 Analiză comparativă a caracteristicii deplasării în funcție de timp încălzire – răcire a actuatorului heliotermic bimetalic fără sarcină: 1 – în ulei de transformator; 2 – în aer; 3 – în glicerină

Capitolul 5

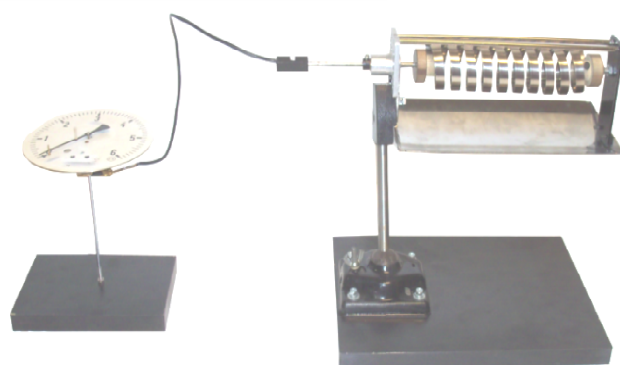
MODELE EXPERIMENTALE DE ACTUATOARE TERMOBIMETALICE ELICOIDALE

5.1 UTILIZAREA TEHNICILOR PSIHLOGICE DE CREAȚIE ÎN SCOPUL REALIZĂRII UNOR NOI VARIANTE CONSTRUCTIVE DE ACTUATOARE TERMOBIMETALICE ELICOIDALE

În desfășurarea procesului creativ subliniat și în titlul acestui subcapitol, punctul de plecare îl constituie *analogia și extrapolarea*.



a)



b)

Fig. 5.4 Actuator heliotermic cu bandă bimetalică asociat cu concentrator cilindro-parabolic [199]

a) Secțiune longitudinală prin actuatorul heliotermic; b) Model experimental;

1 – bandă termobimetalică; 2 – recipient tubular; 2' – capac; 2'' – silfon; 3 – fluid termoconductor; 4 – concentrator cilindro-parabolic; 5 – butuc; 6 – ax rigid; 7, 8 – rulmenți radiali; 9 – piesă distanțoare; 10 – semering; 11 – dispozitiv unisens; 12 – ax flexibil; 13 – braț suport; 14 – articulație tip „nucă”; 15 – suprafață de sprijin

Considerațiile analogice se referă la un actuator heliotermic (fig. 5.4), realizat dintr-o bandă termobimetalică 1, modelată după un traseu cilindric elicoidal și plasată în interiorul unui recipient

tubular 2, realizat din alamă și închis etanș, prin intermediul unui capac 2', asociat cu un silfon 2'' și folosit pentru a compensa dilatația termică a unui fluid termoconductor 3 [199].

Plecând de la soluția prezentată anterior au fost realizate mai multe variante de actuator heliotrmic cu lamela bimetalică modelată sub forma unui cilindru elicoidal. Prima soluție de actuator heliotrmic (fig. 5.6) este constituită dintr-un convertor termomecanic realizat dintr-o bandă termobimetalică 1, modelată după un traseu cilindric elicoidal și plasată în interiorul unui recipient cilindric din alamă 2, împreună cu un alt convertor termomecanic, cu parafină și piston 3, montat concentric în raport cu primul, după care ambele convertitoare sunt imersate într-un mediu termoconductor, din parafină 4, care ocupă interiorul recipientului 2 și care facilitează transferul căldurii de origine solară, de la pereții recipientului către cele două convertitoare. Variațiile de volum ale mediului termoconductor sunt compensate, prin intermediul unui ansamblu, de două tuburi Bourdon montate coaxial, racordate și fixate, prin intermediul unor canale colectoare 6 și 6', la recipientul 2 [283].

Ansamblul celor două tuburi Bourdon îndeplinesc și rolul unui convertor termomecanic cu parafină, care, prin intermediul unor tije cu rolă și resort 18 și 18', preluând variațiile de volum ale parafinei, se deformează spre exterior, generând astfel forță și deplasare [283].

O altă soluție de actuator heliotrmic elicoidal am realizat-o dintr-un convertor termomecanic, constituit dintr-o bandă termobimetalică 1, modelată după un traseu cilindric elicoidal și plasată în interiorul unui concentrator cilindro-parabolic, din sticlă 2, prevăzut, în partea inferioară, cu element reflectorizant 3, ansamblu plasat între două capace 4 și 9, prevăzute cu canale 5 și 5' și poziționat pe o placă suport 10. În fig. 5.7, 5.8 am prezentat actuatorul heliotrmic cu spirala bimetalică, plasată într-un cilindru de sticlă.

Deformația spiralei termobimetalice 1, convertită în forță și deplasare unghiulară, este transmisă, prin intermediul unui arbore flexibil 7, la un element acționat [283].

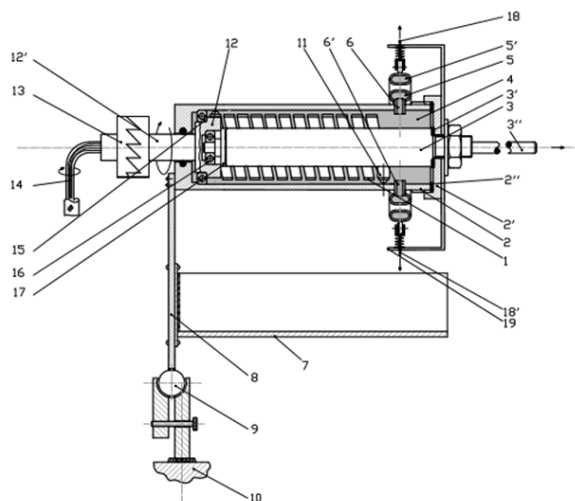


Fig. 5.6 Secțiune longitudinală prin actuatorul heliotrmic mixt [283]

- 1 – bandă termo-bimetalică; 2 – recipient cilindric; 3 – convertor termomecanic; 4 – mediu termoconductor; 5, 5' – tuburi Bourdon; 6, 6' – canale colectoare; 7 – concentrator cilindro-parabolic; 8 – braț suport; 9 – articulație tip „nucă”; 10 – suprafață de sprijin; 11 – suport cu șurub; 12 – butuc; 13 – dispozitiv unisens; 14 – ax flexibil; 15 – 15, 16 – rulment cu bile; 17 – arbore cu butuc; 18, 18' – tijă cu rolă și resort; 19 – cadru suport

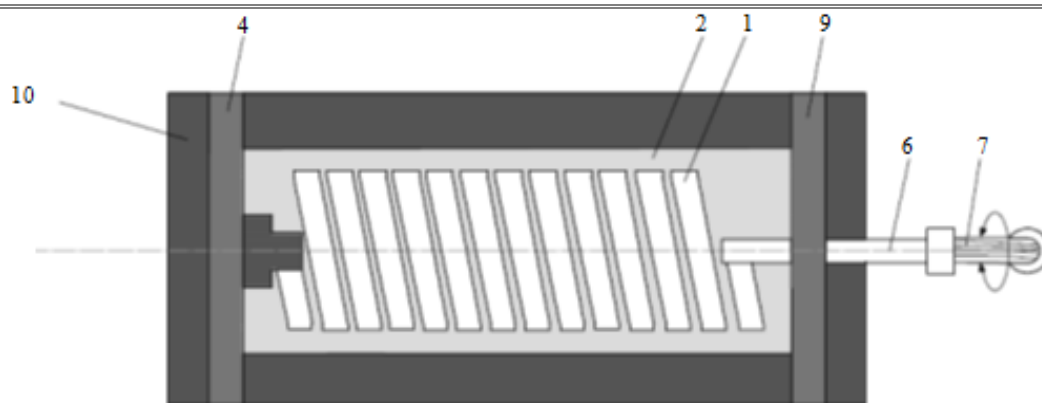


Fig. 5.7 Actuatorul heliotermic elicoidal –vedere de sus [266], [275]

1 – bandă termo-bimetalică; 2 – concentrator cilindro-parabolic; 3 – element reflectorizant; 4 – capac; 5, 5' – canal de fixare; 6 - ax; 7 – arbore flexibil; 8 – rulment; 9 –capac; 10 – placă suport

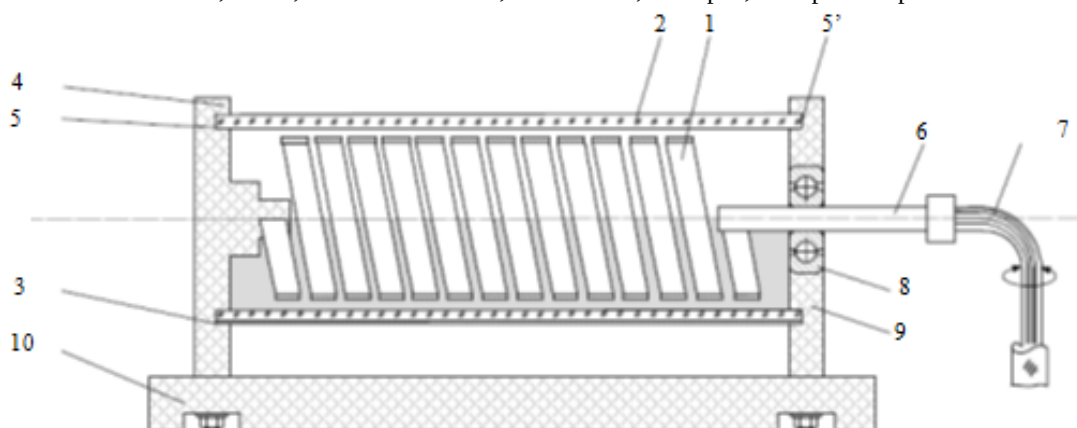


Fig. 5.8 Secțiune longitudinală prin actuatorul heliotermic elicoidal [266], [275]

1 – bandă termo-bimetalică; 2 – concentrator cilindro-parabolic; 3 – element reflectorizant; 4 – capac; 5, 5' – canal de fixare; 6 - ax; 7 – arbore flexibil; 8 – rulment; 9 –capac; 10 – placă suport

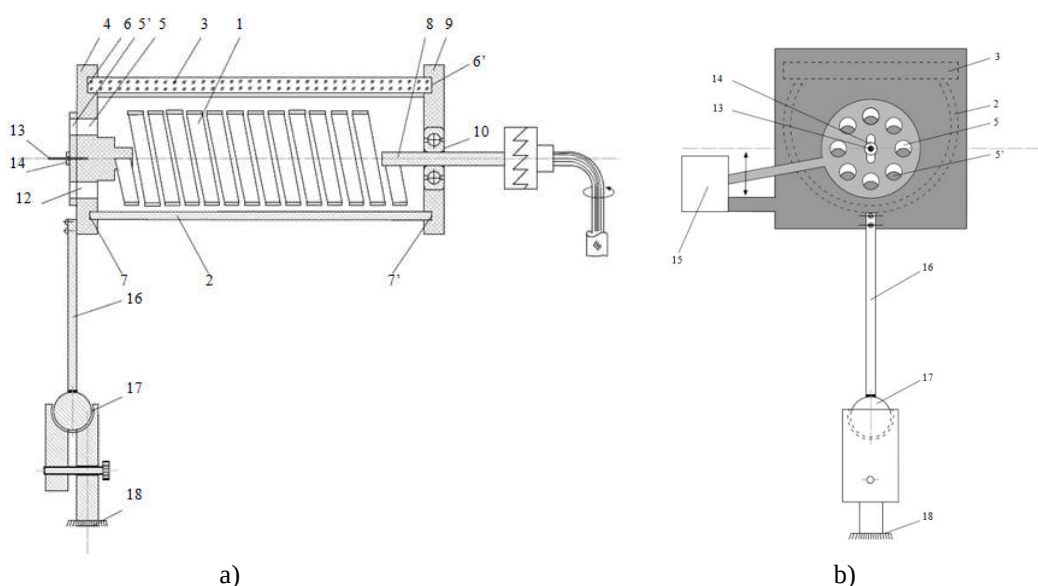


Fig. 5.9 Actuator heliotermic prevăzut cu sistem de ventilație [267], [[275]

a) Secțiune longitudinală; b) vedere laterală

1 – bandă termo-bimetalică; 2 – concentrator cilindro-parabolic; 3 – capac de sticlă; 4,9 – capace; 5, 5' – găuri de ventilare; 6, 7, 6', 7' – canale de fixare; 8 – ax; 10 – rulment; 11 – arbore flexibil; 12 – disc obturator; 13 – ax; 14 – șaibă; 15 –dispozitiv de comandă; 16 – braț suport; 17 – articulație tip „nucă”; 18 – suprafață de sprijin

A treia variantă de actuator heliotermic cu spirală elicoidală este actuatorul heliotermic prevăzut cu sistem de ventilație pentru menținerea, respectiv evacuarea aerului cald. Acesta este prezentat în fig. 5.9.

Actuatorul heliotermic este constituit, în principal, dintr-un convertor termomecanic realizat dintr-o bandă termobimetalică 1, modelată după un traseu cilindric elicoidal și plasată în interiorul unui concentrator cilindro-parabolic, din inox 2, închis cu un capac din sticlă 3, ansamblu plasat între două capace 4 și 9, unul dintre ele fiind prevăzut cu găuri de ventilație 5, susținut de un braț suport 16, care face corp comun cu o articulație "tip nucă" 17, pe o suprafață de sprijin 18, care oferă posibilitatea reglării actuatorului, în raport cu poziția soarelui. Izolarea față de mediul exterior este realizată și prin obturatorul 12, prevăzut cu găuri 5', comandat de dispozitivul 15 și fixat pe capacul 4. Deformația spiralei termobimetalice 1, convertită în forță și deplasare unghiulară, este transmisă, la un element acționat prin intermediul unui arbore flexibil 11 [266], [275].

5.1 ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE ALE ACTUATOARELOR HELIOTERMICE ELICOIDALE REALIZATE ÎN CADRUL TEZEI DE DOCTORAT

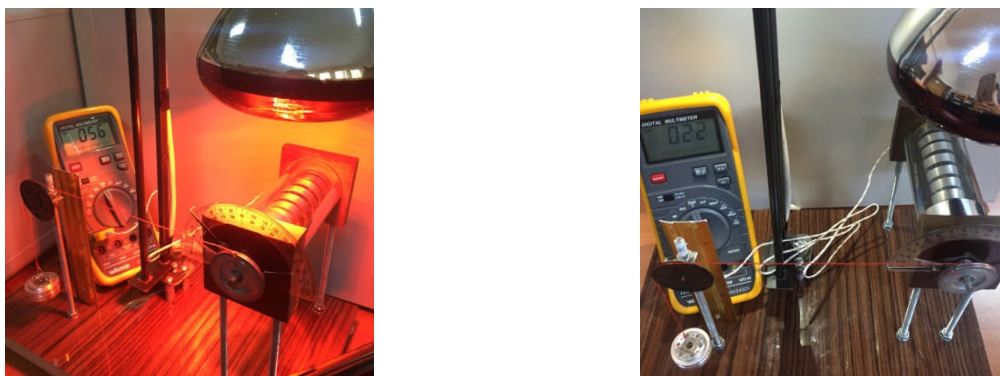


Fig. 5.11 Stand experimental pentru actuatorul heliotermic elicoidal

În figura 5.11 este prezentat standul experimental pentru actuatorul heliotermic elicoidal cu spirala bimetalică, amplasată în interiorul unui cilindru de sticlă.

Au fost realizate încercări cu actuatorul heliotermic în sticlă, în sarcină, atât la încălzire, cât și la răcire, cu o sarcină de 30 g (fig. 5.12).

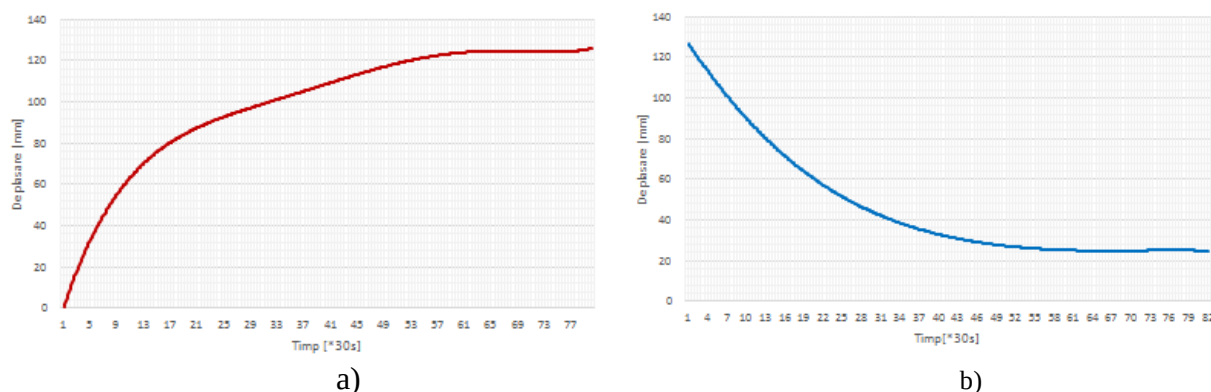


Fig. 5.12 Caracteristica deplasării actuatorului heliotermic elicoidal în funcție de timp, în sarcină :
a) la încălzire; b) la răcire

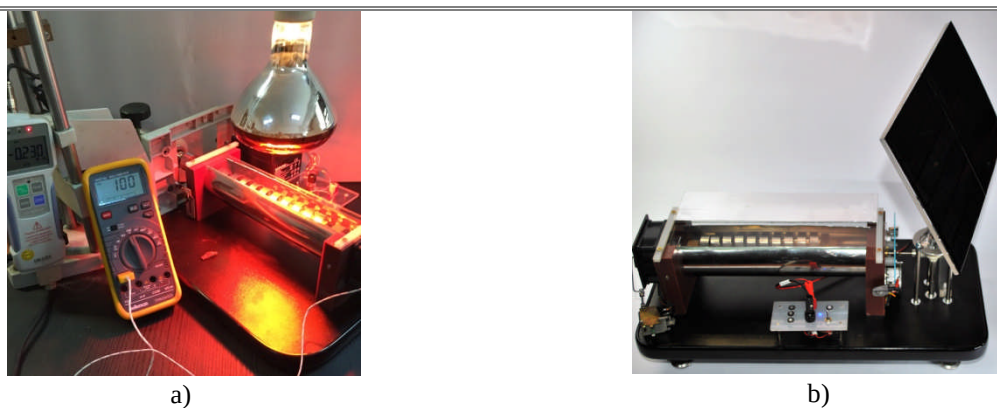


Fig. 5.17 Stand experimental pentru actuatorul heliotermic cu sistem de ventilație
a), b) vedere stand experimental

În fig. 5.17 este prezentat standul experimental pentru testarea actuatorului heliotermic cu spirală elicoidală, prevăzut cu sistem de ventilație pentru menținerea, respectiv evacuarea aerului cald din interiorul concentratorului.

Analiza termică a actuatorului termobimetalic în timpul testelor a fost realizată cu camera de termoviziune EasIR 4, care poate realiza măsurători în intervalul de temperaturi $-20^{\circ}\text{C} \sim +250^{\circ}\text{C}$ cu o acuratețe de $\pm 2^{\circ}\text{C}$.

În fig. 5.18 este prezentată evoluția temperaturii spiralei elicoidale din componența actuatorului studiat.

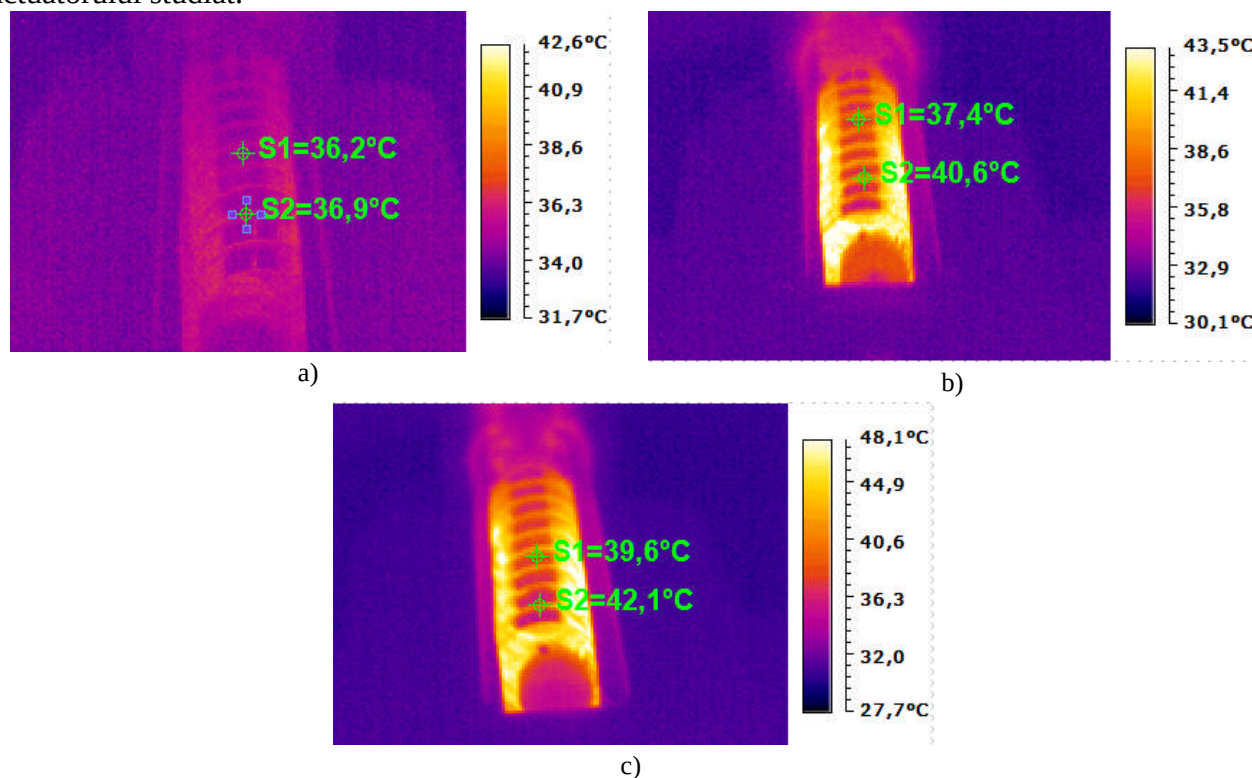


Fig. 5.18 Imagini cu privire la distribuția temperaturii în cazul actuatorului heliotermic cu spirală elicoidală
a), b) în prima perioadă a încălzirii; c) momentul uniformizării temperaturii spiralei termobimetalice cu mediul din interiorul concentratorului cilindro-parabolic

Au fost realizate încercări experimentale cu actuatorul heliotermic cu sistem de ventilație atât în cazul în care răcirea și încălzirea sunt realizate în mod natural, cât și pentru cazul în care sistemul de ventilație este utilizat.

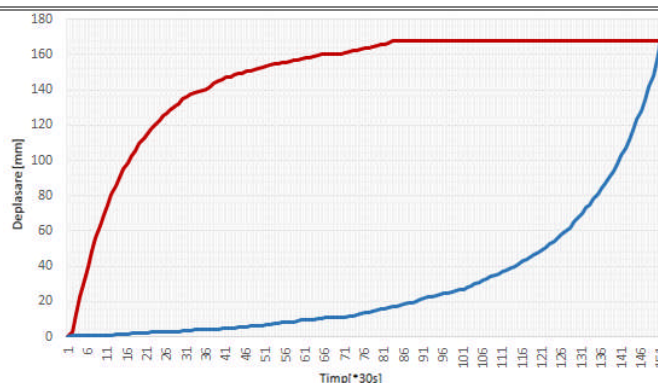


Fig. 5.22 Comportamentul actuatorului la încălzirea, respectiv răcirea bimetalului în mod natural

Observăm că deplasarea maximă obținută în cazul testării actuatorului heliotermic, fără utilizarea sistemului de ventilație pentru menținerea, respectiv evacuarea aerului cald din interior, este de 167,5 mm, realizată în 41 de minute, iar revenirea acestuia în poziție inițială, prin răcire, se realizează în 76 de minute.

Dezavantajul soluției testate constă în faptul că, timpul de răcire al lamelei bimetalice, aflate în incinta tubulară este foarte mare [275].

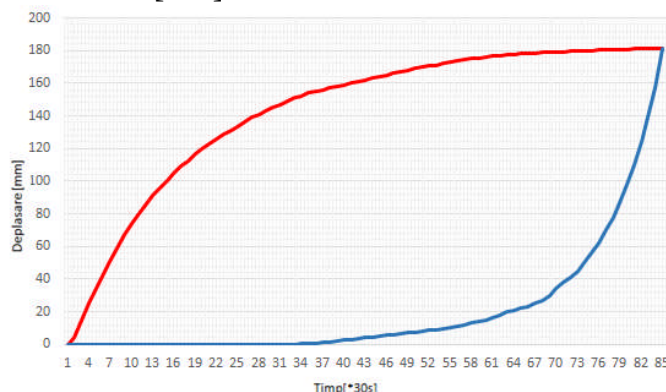


Fig. 5.23 Comportamentul actuatorului la încălzire, respectiv răcire, utilizând sistemul de ventilație

Capitolul 6

PROIECTAREA, REALIZAREA ȘI TESTAREA UNUI ACTUATOR HELIOTERMIC CU DISPUNERE LINIARĂ A LAMELEI TERMOBIMETALICE

6.1 UTILIZAREA TEHNICILOR PSIHLOGICE DE CREAȚIE ÎN SCOPUL REALIZĂRII UNOR NOI VARIANTE CONSTRUCTIVE DE ACTUATOARE TERMOBIMETALICE CU DEPLASARE LINIARĂ

Plecând de la soluțiile de actuator liniare descrise în primul capitol, în scopul creșterii performanțelor actuatorului heliotermic, a fost dezvoltată o soluție de actuator termobimetalic cu deplasare liniară, care oferă o deplasare mare, obținută prin însumarea deformărilor individuale a lamelor componente, aflate sub acțiunea radiației solare.

Într-o primă variantă constructivă, fig. 6.7, actuatorul liniar cu bimetel este constituit din mai multe lamele bimetalice 1, fixate de un capăt, în poziție verticală, pe un suport 2, în interiorul

unui concentrator parabolic 3, având capetele libere prinse pe un ax 4, care alunecă pe niște canale de ghidare 5 și 5', prevăzute în capacele termoizolatoare 6 și 6', pe care este prins concentratorul parabolic. Ca urmare a deformărilor însumate ale lamelelor bimetalice 1, axul 4 efectuează o deplasare liniară, acționând asupra unui arbore flexibil, nereprezentat în figură. Întregul ansamblu este fixat pe o placă suport 7, prin intermediul unor distanțiere 8, 8', 8'' și 8''' [268], [276], [280].

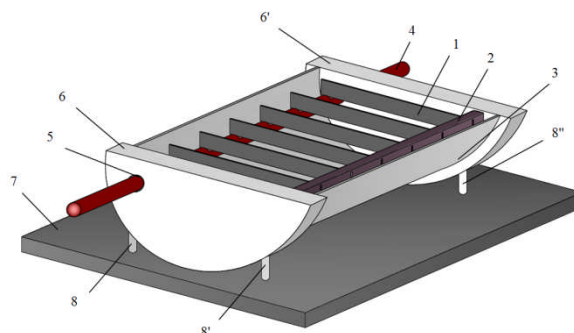


Fig. 6.7 Vedere laterală a actuatorului liniar cu bimetal- Varianta I [268]

1 – lamele bimetalice; 2 – suport; 3 – concentrator parabolic; 4 – ax; 5, 5' – canale de ghidare; 6, 6' – capace termoizolatoare; 7 – placă suport; 8, 8', 8'', 8''' – distanțiere

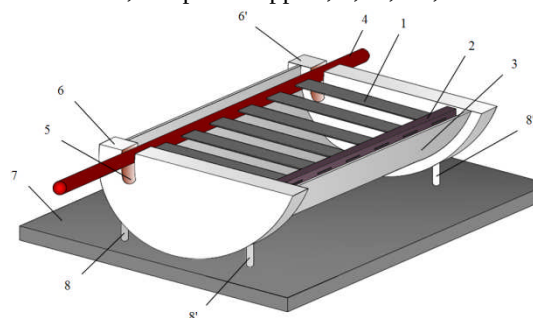


Fig. 6.8 Vedere laterală a actuatorului liniar cu bimetal- Varianta II [268]

1 – lamele bimetalice; 2 – suport; 3 – concentrator parabolic; 4 – ax; 5, 5' – canale de ghidare; 6, 6' – capace termoizolatoare; 7 – placă suport; 8, 8', 8'', 8''' – distanțiere

În altă variantă constructivă, ilustrată prin fig. 6.8, actuatorul liniar cu bimetal, este constituit din mai multe lamele bimetalice 1, fixate în poziție orizontală.

Un capăt al lamelelor bimetalice este prins pe un suport 2, plasat în interiorul unui concentrator parabolic 3, iar capetele libere sunt fixate de un ax 4. Sistemul rezultat realizează o deplasare unghiulară, deplasarea fiind posibilă prin canalele de ghidare 5 și 5', prevăzute în capacele termoizolatoare 6 și 6', ce au rol de fixare a concentratorului.

Ansamblul descris este montat pe o placă suport 7, prin intermediul unor distanțiere 8, 8', 8'' și 8''' [268], [276], [280].

6.1 ÎNCERCĂRI EXPERIMENTALE ALE ACTUATORULUI LINIAR CU BIMETAL REALIZAT ÎN CADRUL TEZEI DE DOCTORAT

În fig. 6.9 am prezentat standul experimental pentru actuatorul liniar cu lamelele termobimetalice plasate în poziție verticală.

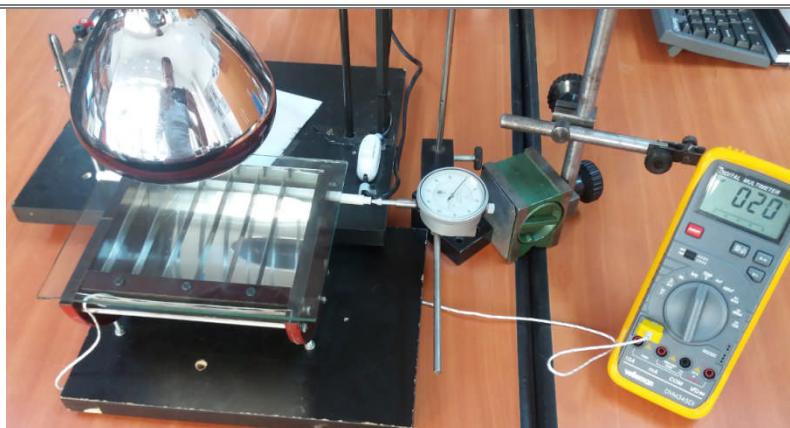


Fig. 6.9 Stand experimental pentru actuatorul liniar cu lamelele termobimetale plasate în poziție verticală

Au fost efectuate experimente cu actuatorul liniar cu lamelele termobimetale, plasate în poziție verticală, pentru determinarea deplasării și a cuplului, în diferite variante constructive, initial cu cele 6 lamele termobimetale, apoi cu 3 lamele și, în final, cu o singură lamelă.

În ambele cazuri, actuatorul a fost izolat față de influența mediului, printr-un capac din plexiglas.

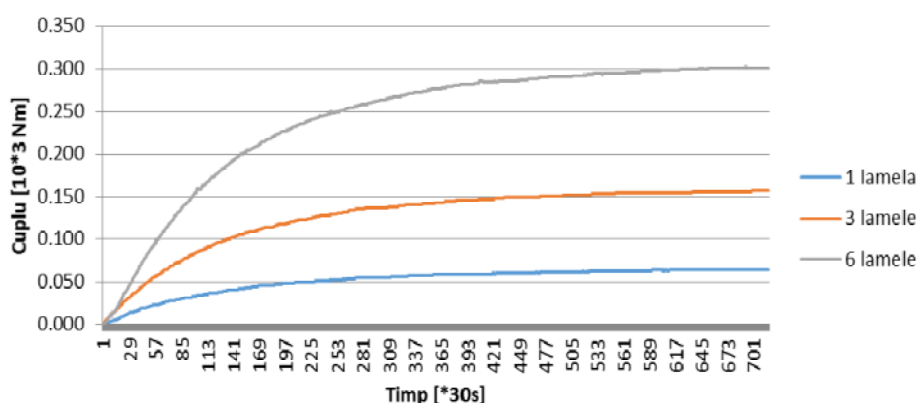
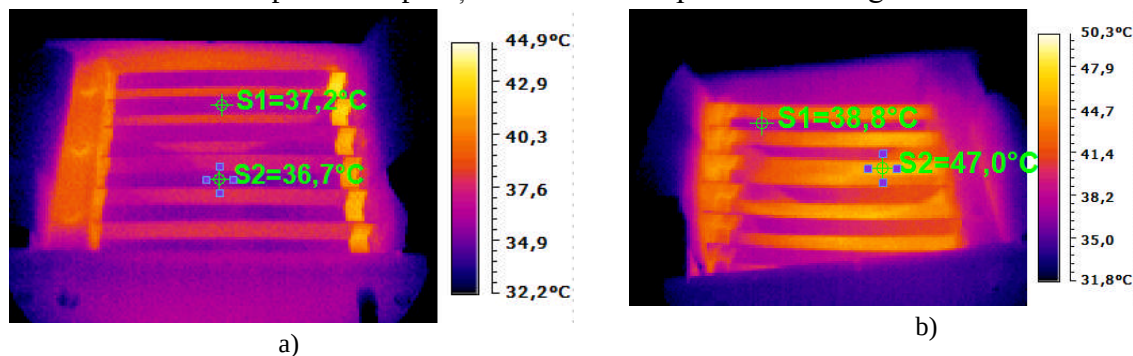
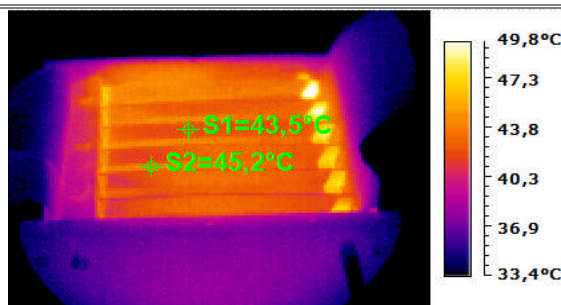


Fig. 6.10 Determinarea cuplului în cazul actuatorului liniar cu lamele plasate în poziție verticală

Așa cum se observă din fig. 6.10, pentru încercările cu o singură lamelă a fost obținut un cuplu de 0,052Nm, pentru încercările cu 3 lamele s-a obținut un cuplu de 0.151 Nm, iar în cazul încercărilor experimentale cu șase lamele s-a obținut un cuplu de 0, 302 Nm. Din valorile cuplului obținut se poate concluziona că valoarea cuplului este influențată direct proporțional cu numărul de lamele cu care este realizat actuatorul [280].

Imaginile obținute în urma utilizării camerei de termoviziune EasIR 4 cu actuatorul liniar cu lamele termobimetale plasate în poziție verticală sunt prezentate în fig. 6.11.

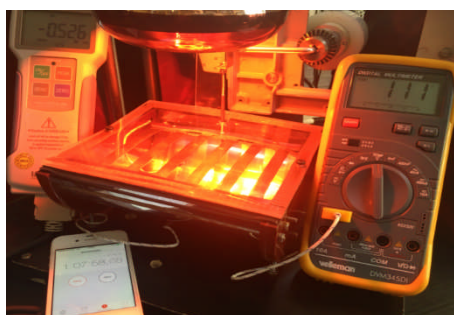




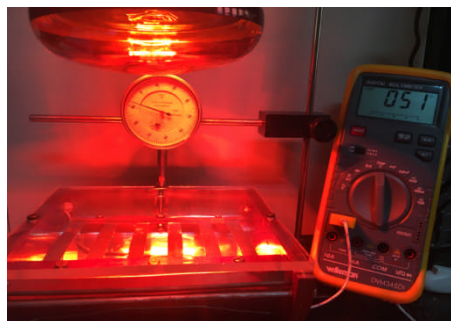
c)

Fig. 6.11 Imagini cu privire la distribuția temperaturii în cazul actuatorului heliotermic liniar cu lamele bimetalice plasate în focarul concentratorului cilindro-parabolic în plan vertical
a), b) în prima perioadă a încălzirii; c) momentul uniformizării temperaturii lamelor termobimetalice cu mediul din interiorul concentratorului cilindro-parabolic

Standul experimental pentru testarea actuatorului liniar cu lamelele termobimetalice, plasate în poziție orizontală, este prezentat în fig. 6.12.



a)

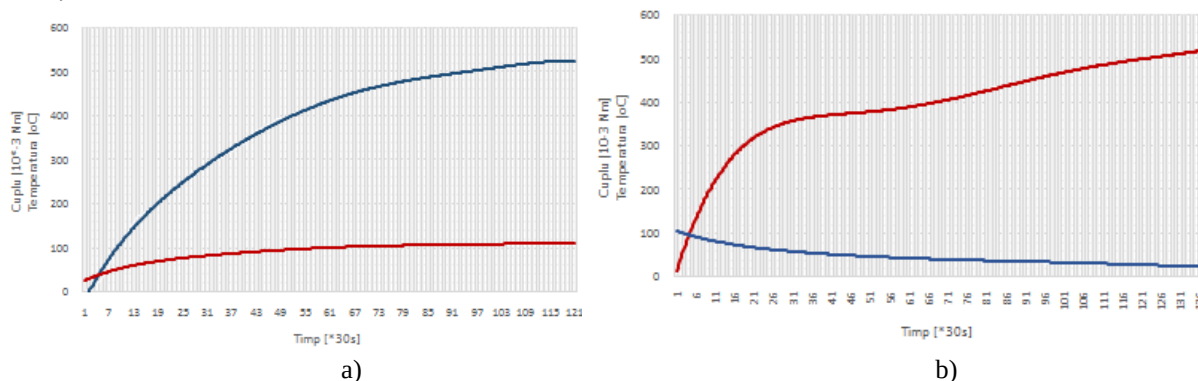


b)

Fig. 6.12 Stand experimental pentru determinarea cuplului dezvoltat de: a) actuatorul liniar cu lamelele termobimetalice plasate în poziție orizontală;

La încercările realizate cu actuatorul liniar, cu lamelele termobimetalice plasate în poziție orizontală, se obține o valoare a cuplului de 0.526 Nm, la încălzire, și 0.517 Nm, în cazul răcirii, (fig. 6.13).

Din punct de vedere a performanțelor, actuatorul liniar cu lamelele termobimetalice plasate în poziție orizontală, este cel mai performant actuator dezvoltat în cadrul acestei teze.



a)

b)

Fig. 6.13 Evoluția cuplului și a temperaturii în cazul actuatorului liniar cu lamele plasate în poziție orizontală: a) la încălzire; b) la răcire

În fig. 6.17 sunt prezentate imagini ale distribuției temperaturii în cadrul standului pentru măsurarea deplasării unghiulare a actuatorului liniar cu lamelele termobimetalice plasate în poziție orizontală.

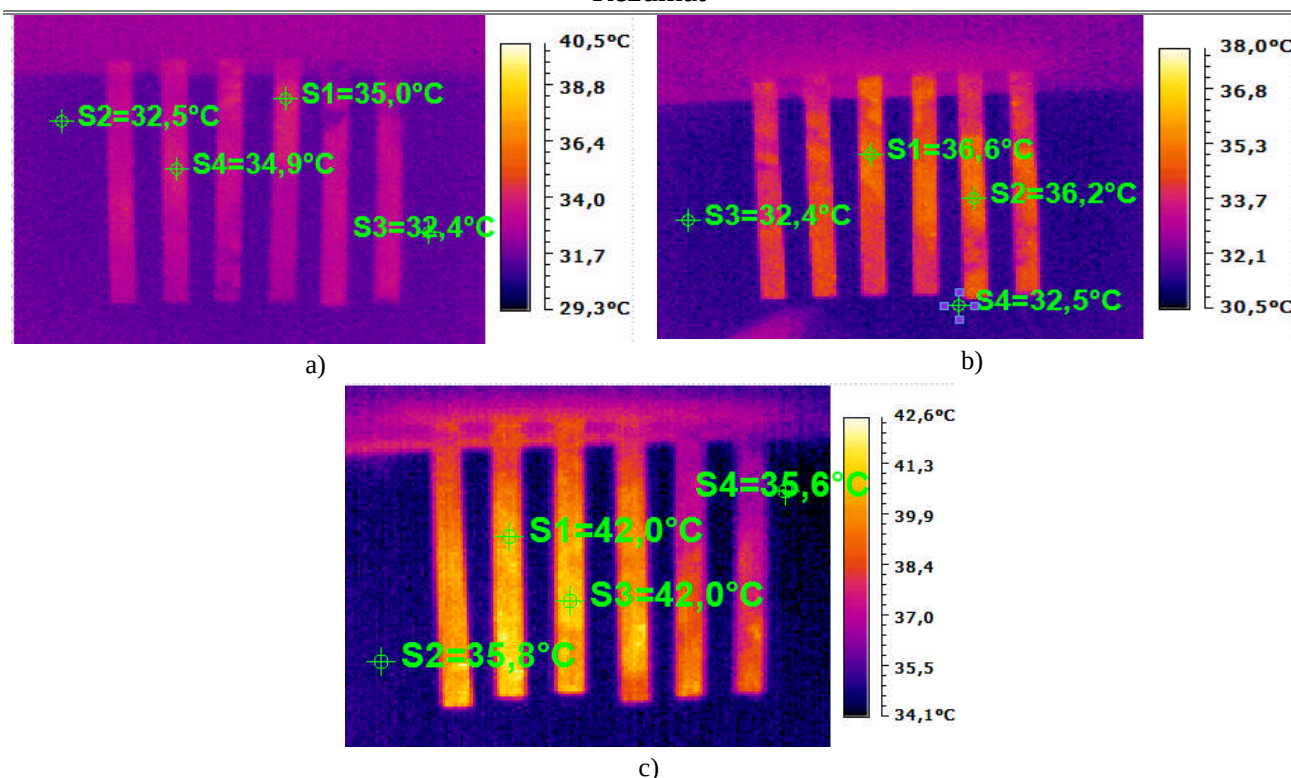


Fig. 6.17 Imagini cu privire la distributia temperaturii in cazul actuatorului heliotermic linear cu lamele bimetalice plasate in focarul concentratorului cilindro-parabolic in plan orizontal
a), b) în prima perioadă a încălzirii; c) momentul uniformizării temperaturii lamelor termobimetalice cu mediul din interiorul concentratorului cilindro-parabolic

CONCLUZII GENERALE

Teza de doctorat „Noi contribuții teoretice și experimentale privind perfecționarea motoarelor solare bazate pe conversia helio-termo-mecanică”, reprezintă o continuare a cercetărilor în domeniul actuatorilor și motoarelor neconvenționale din cadrul Centrului de Cercetare EMAD, al Universității ”Ștefan cel Mare ” din Suceava.

Capitolul de față cuprinde principalele concluzii în legătură cu cercetarea legată de proiectarea, realizarea și testarea unor noi tipuri de motoare și actuatore ce au la bază sisteme bimetalice și care realizează conversia termo-mecanică, contribuțiile teoretice și experimentale ale autorului și principalele direcții de cercetare în vederea aprofundării domeniului cercetat.

Prin studiile și cercetările experimentale efectuate s-a urmărit:

- Analiza aspectelor generale cu privire la actuatorele cu elemente termobimetalice, cu accent pe proprietățile termobimetalului și la comportamentul acestuia, identificarea performanțelor de regim static și de regim dinamic a unui actuator termo – mecanic.
- Analiza stadiului actual al soluțiilor în domeniul motoarelor și actuatorilor solare cu bimetal prin realizarea unui studiu detaliat cu privire la soluțiile existente în literatura de specialitate, a căror funcționare se bazează pe conversia helio-termo-mecanică. Variantele de motoare și actuatore solare prezentate sunt grupate în două părți: soluțiile existente la nivel mondial și soluțiile dezvoltate în cadrul Universității „Ștefan cel Mare” din Suceava, evidențiind modul

de funcționare, variante ce pot constitui un câmp vast de activitate pentru investigații teoretice și încercări experimentale.

- Utilizarea tehnicilor psihologice de creație pentru realizarea unor actuatoare heliatermice cu spirală bimetalică plană plasată în aer, cu determinarea experimentală a performanțelor acestora și trasarea curbelor caracteristice. S-au tras concluzii referitoare la principalele avantaje și dezavantaje pentru fiecare variantă constructivă proiectată, realizată și testată.
- Analiza modului în care se pot îmbunătăți performanțele actuatorului termobimetalic cu spirală plană (cursa activă a elementului de execuție, timpul de răspuns termic, forța și cuplul dezvoltate), prin imersarea în diferite materiale, lichide sau granulare, cu diverși coeficienți de conducție termică.
- Utilizarea tehnicilor psihologice de creație în vederea găsirii de soluții tehnice noi pentru realizarea unor actuatoare heliatermice elicoidale și analiza variantelor proiectate și realizate.
- Studii cu privire la realizarea a două variante de actuatoare heliatermice, una cu lamelele bimetalice fixate la un capăt în poziție verticală, iar cea de-a doua variantă cu lamelele bimetalice fixate în poziție orizontală.

7.1 CONTRIBUȚIILE TEORETICE ALE LUCRĂRII

1a. Elaborarea în primul capitol a unui studiu privind modelul matematic al sistemelor termobimetalice, prezentarea aspectelor referitoare la proprietățile și comportamentul termobimetalului, variantele constructive precum și realizarea actuatorilor cu elemente termobimetalice.

2a. În cadrul celui de-al doilea capitol a fost studiată conversia energiei solare în energie termică, cu referire la aspectele generale ale radiației solare, algoritmi de estimare a energiei solare, transferul energiei termice prin radiație, proprietățile de reflexie ale radiației termice la contactul cu diverse corpuri.

3a. Preocupările semnalate anterior au fost continuate prin elaborarea unui studiu bibliografic și a unei sinteze privind stadiul actual al soluțiilor în domeniul motoarelor și actuatorilor solare, la nivel mondial și în cadrul Universității Ștefan cel Mare Suceava. S-a pus accent pe elementele de noutate tehnică, soluțiile tehnice inovative și pe evoluția variantelor constructive brevetate.

4a. În cadrul tezei de doctorat au fost abordate aspecte cu privire la utilizarea tehnicilor și metodelor psihologice de creație în scopul dezvoltării de noi variante și soluții constructive de actuatoare și motoare solare. Tehnicile psihologice studiate de autor și folosite pentru eliminarea sau atenuarea unor obstacole din calea creației tehnice cât și pentru stimularea soluțiilor caracterizate prin noutate, originalitate și aport inventiv au fost: tehnica analogiei și extrapolării, tehnica combinării și tehnica modificare – ameliorare – dezvoltare.

5a. Adoptarea tehnicilor enumerate la conținutul tezei de doctorat s-a făcut prin intermediul unor tabele explicative în care sunt prezentate întrebările definitorii specifice domeniului tehnic abordat. Au fost aduse contribuții în dezvoltarea următoarelor variante: actuator heliatermic cu spirală termobimetalică plană și aripioare termoconductoare, actuator heliatermic cu spirală

termobimetalică plană și bile plasate între spire, actuator heliotermic cu glicerină, actuator heliotermic mixt, actuator heliotermic cu spirală termobimetalică elicoidală plasată într-un tub din sticlă, actuator heliotermic elicoidal prevăzut cu sistem de ventilație și elemente de blocaj la deplasarea inversă, actuator heliotermic liniar cu lamele termobimetalice plasate în poziție verticală și actuator heliotermic liniar cu lamele termobimetalice plasate în poziție orizontală.

6a. A fost realizat un studiu ce a avut la bază modelarea matematică a conversiei helio – termo – mecanice pentru una din variantele constructive proiectate, realizate și testate în laborator. Din calculele dezvoltate a rezultat că transferul termic prin radiație este un fenomen complex ce poate fi îmbunătățit prin utilizarea unor sisteme de concentratoare și/sau prin controlul mediului în care evoluează elementul bimetalic, influențat fiind de geometria și de regimul hidrodinamic al curgerii. Rezultatele cuplului mecanic și deplasării obținute prin model matematic sunt certificate de valorile obținute experimental prin testarea prototipului realizat în laborator.

7.2 CONTRIBUȚIILE EXPERIMENTALE ALE LUCRĂRII

1b. Realizarea, experimentarea și constituirea Depozitului Național Reglementar (DNR), în vederea brevetării unui actuator heliotermic prevăzut cu aripioare termoconductoare care au rolul de a mări suprafața de captare a radiației solare directe și reflectate, conducând în final la o creștere a performanțelor acestuia.

2b. Realizarea, experimentarea și constituirea DNR în vederea brevetării unui actuator heliotermic cu spirală termobimetalică plană, prevăzută cu bile plasate între spire, bile care au rolul de a mări suprafața de captare a radiației solare și de a facilita transmiterea mișcării către extremitatea liberă a benzii termobimetalice.

3b. Realizarea, experimentarea și constituirea DNR în vederea brevetării unui actuator heliotermic cu glicerină, care combină efectul utilizării bilelor amplasate între spire, cu capacitatea de acumulare și transfer termic a glicerinei prin obținerea unor performanțe superioare față de variantele cunoscute.

4b. Realizarea, experimentarea și constituirea DNR în vederea brevetării unui actuator heliotermic mixt realizat cu o spirală termobimetalică elicoidală plasată într-un recipient de alamă umplut cu parafină și prevăzut la capăt cu un convertor realizat din două tuburi Bourdon. Variațiile de volum ale mediului termoconductor (parafina) sunt compensate prin intermediul tuburilor Bourdon care se deformează generând astfel forță și deplasare.

5b. Realizarea, experimentarea și constituirea DNR în vederea brevetării unui actuator heliotermic cu spirală elicoidală plasată într-o incintă din sticlă, cu rol de concentrator cilindro-parabolic, fiind valorificat astfel complet efectul generat de căldura de origine solară asupra benzii termobimetalice modelată după un traseu elicoidal.

6b. Realizarea, experimentarea și constituirea DNR în vederea brevetării unui actuator heliotermic prevăzut cu sistem de ventilație utilizat în scopul menținerii, respectiv evacuării aerului cald din incinta închisă cu rol de concentrator cilindro-parabolic, în care este plasată spirala termobimetalică elicoidală.

7b. Realizarea, experimentarea și constituirea DNR în vederea brevetării unui actuator heliotermic cu dispunere de lamele termobimetalice în vederea obținerii de deplasare liniară. Actuatorul liniar este realizat în două variante constructive, cu lamelele termobimetalice dispuse în poziție verticală și cu dispunere orizontală față de radiația solară incidentă.

8b. S-a realizat un stand experimental care să permită obținerea de condiții similare de testare în laborator pentru toate tipurile de actuator termobimetalic proiectate și realizate. Standul are la bază o lampă în infraroșu a cărei radiație poate fi reglată prin deplasare pe orizontală, sisteme de pretensionare a sistemului termobimetalic, traductoare de temperatură, cuplu și deplasare, cameră de termoviziune.

9b. În legătură cu actuatorii heliotermici cu spirală termobimetalică plană dezvoltate pe parcursul stagiului de pregătire doctorală au fost aduse contribuții experimentale cu privire la performanțele acestora prin efectuarea unui studiu comparativ. Au fost proiectate, realizate și testate prototipuri cu geometrii similare. În cadrul studiilor experimentale s-a concluzionat faptul că utilizarea aripioarelor termoconductoare amplasate pe spirala termobimetalică sau a bilelor plasate între spirele actuatorului conduce la o creștere cu aproximativ 30% a performanțelor legate de deplasarea maximă a acestuia, față de varianta simplă realizată doar cu element termobimetalic. Din multiplele experimente realizate s-a ales spre exemplificare fig. 7.1.

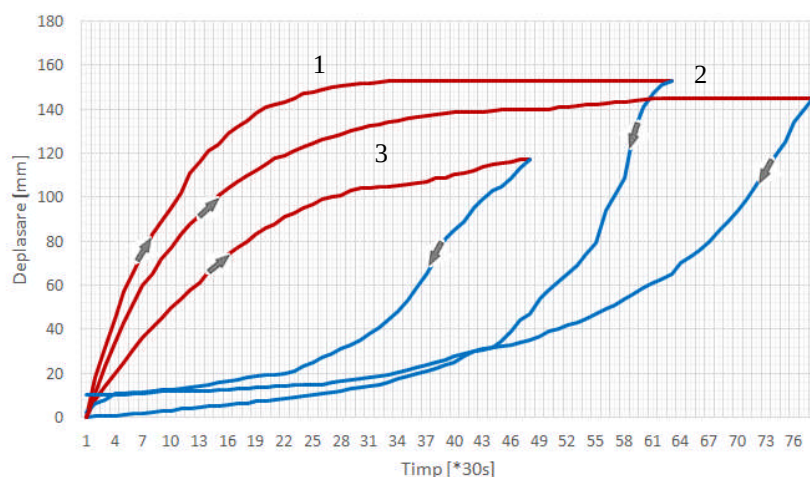


Fig. 7.1 Analiză comparativă a caracteristicii deplasării în funcție de timp încălzire – răcire a actuatorului heliotermic bimetalic fără sarcină: 1 – actuator heliotermic cu spirală termobimetalică plană prevăzută cu aripioare termoconductoare; 2 – actuator heliotermic cu spirală termobimetalică și bile din alamă; 3 - actuator heliotermic cu spirală termobimetalică

10b. S-a realizat un studiu comparativ pe baza încercărilor efectuate în laborator cu actuatorul spiral termobimetalic plan amplasat în diverse medii (lichide sau solide granulare). Testările realizate pe prototipuri similare au avut ca rezultat obținerea unor timpi de răspuns mai buni, atât ca viteză de reacție, ca liniaritate a caracteristicii de răspuns sau ca amplitudine a deplasării. S-au obținut rezultate în ceea ce privește forța dezvoltată, respectiv amplitudinea maximă a deplasării capătului liber. Un alt aspect care intervine pregnant în comportamentul acestui tip de actuator este cel legat de trecerea din stare solidă în stare lichidă a parafinei, fapt caracterizat de o întârziere a reacției acestuia, iar la răcire se observă un fenomen de frânare cu acumulare de energie generat de solidificarea parafinei (fig. 7.2).

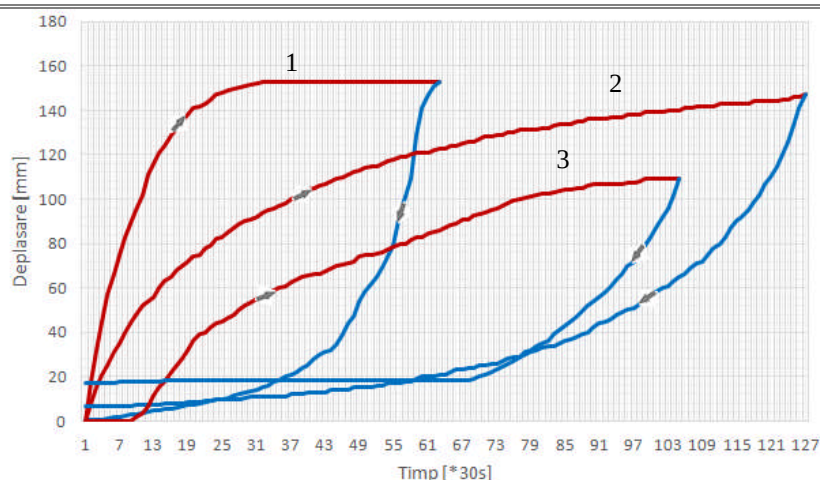


Fig. 7.2 Analiză comparativă a caracteristicii deplasării în funcție de timp încălzire – răcire a actuatorului heliotermic bimetalic fără sarcină: 1 – în ulei de transformator; 2 – în aer; 3 – în glicerină

11b. Actuatorul proiectat și realizat prin modelarea benzii termobimetalice după un traseu elicoidal, prezintă numeroase avantaje legate de cuplu dar și de deplasarea unghiulară. Rezultatele experimentale obținute utilizând acest tip de actuator au fost îmbunătățite prin amplasarea acestuia într-un cilindru din sticlă închis, cu suprafață reflectorizantă în zona inferioară, obținându-se pentru prototipul testat o creștere a cuplului până la valoarea de 0,620 Nm și o deplasare îmbunătățită.

12b. Prototipul conceput și realizat al actuatorului heliotermic prevăzut cu sistem de ventilație la răcire generează un cuplu de 0,307 Nm pentru o deplasare prestabilită de 180° și este destinat deplasării diurne și orientării unui panou fotovoltaic. Prin proiectare varianta a fost prevăzută cu o automatizare ce anlanșează sistemul de ventilație la atingerea capătului de cursă, lucru ce permite readucerea întregul ansamblu la poziția inițială transformând acest actuator în cel mai rapid din gamă.

13b. Pentru a elimina situațiile de rotire inversă în cazul în care Soarele este acoperit de nori, sistemul descris la punctul precedent a fost completat cu un sistem de blocare ce este dezactivat la atingerea capătului de cursă, schema de principiu a mecanismelor de automatizare este prezentată în fig. 5.19.

14b. Utilizarea lamelelor termobimetalice drepte orizontale are ca rezultat construcția de actuatore liniare cu deplasare orizontală sau verticală cu generare de forță direct proporțională cu numărul de lamele utilizate. În cadrul lucrării a fost proiectat, realizat și testat un prototip de actuator heliotermic cu dispunere liniară a lamelelor bimetalice ce poate fi configurat în două variante distincte: pentru obținerea unei deplasări liniare și pentru obținerea unei deplasări curbe, transversale pe direcția lamelelor montate.

15b. Studiul forței și deplasării pentru ultima variantă de actuator realizată și simulată matematic, arată o concordanță foarte bună a valorilor obținute prin calcul și experimental, ceea ce indică corectitudinea modelului matematic adoptat.

16b. În perioada de pregătire a tezei au fost proiectate, realizate și testate un număr de 16 tipuri distincte de actuatore helio – termo – mecanice, cu fiabilitate crescută, ce pot fi înglobate și/sau implementate în componența unor motoare solare, ca sisteme de siguranță în diverse echipamente ce utilizează fluide sau gaze la anumite temperaturi și presiuni, în industria

aerospațială, în sisteme de securitate și declanșare la suprasarcină, pentru generarea de forțe și deplasări prestabilite, în medii din cele mai diverse.

7.3 DIRECȚII DE CERCETARE ULTERIOARE

1c. Identificarea de materiale termobimetalice capabile să reacționeze cât mai rapid la variația intensității radiației termice, obținerea de sisteme termobimetalice care au la bază noi materiale sau combinații de materiale cu memoria formei pentru obținerea unor performanțe dinamice speciale.

2c. Cercetări teoretice și experimentale în vederea realizării și dezvoltării unor sisteme inteligente, capabile să orienteze după Soare panourile și heliostatele din componența parcurilor fotovoltaice sau din componența sistemelor satelitare de comunicații.

3c. Extinderea și perfecționarea sistemelor fiabile de orientare după Soare capabile să ia decizii în cazurile unor condiții meteorologice nefavorabile, să compenseze erorile datorate temperaturilor exterioare sau să se autocalibreze și autoscaleze în funcție de condițiile atmosferice foarte diverse ce pot exista.

4c. Contribuții teoretice și experimentale privind realizarea și testarea unor noi variante constructive de motoare neconvenționale, independente de condițiile de mediu, de fluctuațiile diurne și sezoniere ale intensității radiației termice solare.

Referințe bibliografice

- [43]. Cernomazu, D. *Manual pentru brevetarea invențiilor în România*. Suceava: Editura Universității “Ștefan cel Mare” Suceava, 1997.
- [44]. Cernomazu, D.; Simion, Al.; Mandici, L. *Micromotoare electrostatice*. Suceava: Editura Universității, 1997.
- [45]. CERNOMAZU, D.; MANDICI, L.; COJOCARU, I.; MĂCINCĂ, I.; PENTIUC, R.; POPA, C.; BARBĂ, N.; MINESCU, D.; MILICI, M.; MILICI, D.; RAȚĂ, M.; MELINTE, H.; CHIȘ, L. *Contribuții la optimizarea instalațiilor pentru conversia energiei solare. Contract de cercetare nr. 5016/1996*, Universitatea „Ștefan cel Mare” Suceava, Facultatea de Inginerie Electrică, Beneficiar: Ministerul Învățământului, 1996, p.12.
- [171]. PETERING, M. *Photovoltaic support for adjusting sunlight radiation angle using thermal actuator, has spiral bimetal activated under action of heat generated by solar radiation such that bimetal changes photovoltaic module in installation angle*. Patent application DE102011115455 A1, 11.04.2013.
- [178]. QUENARD, S.; CORONEL, P.; DELEPIERRE, G.; PITONE, G. *System for the optimised monitoring of a light source*. Patent application WO2017103410 (A1), 22.06.2017.
- [199]. SOREA, N. *Contribuții teoretice și experimentale privind perfecționarea motoarelor solare bazate pe conversia termomecanică*. Teză de doctorat. Suceava: Universitatea “Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, 2012.
- [202]. TARNOVEȚCHI, M. *Studiul micromotoarelor solare bazate pe deformarea unor structuri solide. Contribuții la realizarea unor modele experimentale*. Suceava: Proiect de diplomă, Universitatea “Ștefan cel Mare” Suceava, Facultatea de Inginerie Electrică, coordonator: prof. dr. ing. Dorel Cernomazu, Suceava, 2001.
- [203]. TARNOVEȚCHI, M.; RADU, G.; DAVID, C.V. [et. al.] *Grant nr. 6161, GR/20.10.2000, Tema B4, Studiul funcționării, realizării și experimentării micromotoarelor solare cu bimetal; Etapa 4.2 2001 - Realizarea și experimentarea de propulsoare bazate pe deformarea unor structuri solide sub acțiunea temperaturii; identificarea modelelor matematice aferente și a factorilor de care depind funcționarea și performanțele*

micromotoarelor; finalizarea etapei cu o propunere de invenție. Beneficiar: Ministerul Educației și Cercetării. Coordonator: prof. dr. ing. Dorel Cernomazu, Universitatea “Ștefan cel Mare” Suceava, Facultatea de Inginerie Electrică, Suceava, 2000.

- [215]. UNGUREANU, C. *Contribuții teoretice și experimentale privind realizarea și experimentarea unor motoare electrice solare.* Teză de doctorat. Suceava: Universitatea “Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, 2011.
- [216]. UNGUREANU, C. *Contribuții teoretice și experimentale privind realizarea și experimentarea unor motoare electrice solare - Referat III în cadrul programului de pregătire pentru doctorat.* Conducător științific: prof. univ. dr. ing. Dorel Cernomazu, Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, Suceava, 2003.
- [217]. UNGUREANU, C. *Stadiul actual al cercetărilor privind motoarele și micromotoarelor solare -Referat II în cadrul programului de pregătire pentru doctorat.* Conducător științific: prof. univ. dr. ing. Dorel Cernomazu, Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, Suceava, 2002.

Lista lucrărilor personale publicate din domeniul tezei de doctorat

- [266]. ROMANESCU, A. N.; POIENAR, M.; ȚANȚA, O. M.; NIȚAN, I.; OLARIU, E. D.; CERNOMAZU, D.; *Actuator helioteermic.* Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00690 din 12.09.2014.
- [267]. ROMANESCU, A. N.; CERNUȘCĂ, D.; PAȚA, S. D.; CENUȘĂ, M.; POIENAR, M.; ATĂNĂSOAE, P.; PENTIUC, R. D.; MILICI, D. L. *Actuator helioteermic.* Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00301 din 26.04.2016.
- [268]. ROMANESCU, A. N.; CERNUȘCĂ, D.; PAȚA, S. D.; CENUȘĂ, M.; POIENAR, M.; OLARIU, E. D.; UNGUREANU, C.; NIȚAN, I.; MILICI, D. L. *Actuator helioteermic cu lamelă bimetalică.* Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00439 din 16.06.2016.
- [269]. ROMANESCU, A. N.; CERNUȘCĂ, D.; PAȚA, S. D.; CENUȘĂ, M.; POIENAR, M.; NIȚAN, I.; POPA, C. D.; MILICI, D. L.; PENTIUC, G. *Actuator liniar cu bimetal.* Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00487 din 05.07.2016.
- [270]. ROMANESCU, A. N.; POIENAR, M.; CENUȘĂ, M.; CERNUȘCĂ, D.; PAȚA, S.; OLARIU, E. D.; UNGUREANU, C.; POPA, C.; MILICI, M. R. *Actuator helioteermic cu bimetal.* Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00487 din 14.03.2017.
- [271]. ROMANESCU, A. N.; ȚANȚA, O. M.; POIENAR, M.; NIȚAN, I.; UNGUREANU, C.; MANDICI, L.; CERNOMAZU, D. *Current state of research at the EMAD Research Center from „Ștefan cel Mare” University in connection with actuators and solar motors with solid heating medium.* In: Analele Universității „Eftimie Murgu” Reșița, Fascicula de Inginerie, anul XXI, nr. 2, 2014, p. 123 – 134, ISSN: 1453-7397.
- [272]. ROMANESCU, A. N.; ȚANȚA, O. M.; CENUȘĂ, M.; NIȚAN, I.; POIENAR, M. *Contributions regarding development of new types of solar actuators.* In: 3th Edition of Scientific Conference of Doctoral Schools from UDJ Galați, 4th-5th of June 2015.
- [273]. ROMANESCU, A. N.; CERNUȘCĂ, D.; POIENAR, M.; MILICI, L. D. *Considerations regarding the practical implementation of the helioteermic actuator in the form of flat spiral spring,* 2016 International Conference and Exposition on Electrical and Power Engineering (EPE 2016), Iași, Romania, 20-22 Octombrie, 2016.
- [274]. ROMANESCU, A. N.; CERNUȘCĂ, D.; ȚANȚA, O. M. *Assessments concerning the practical use for helioteermic actuators in the form of flat spiral spring.* In: 13th International Conference on Development and Application Systems, 19th – 21th May, 2016, Suceava, România.
- [275]. ROMANESCU, A. N.; POIENAR, M.; ȚANȚA, O. M.; CENUȘĂ, M.; NIȚAN, I. *Contribuții la dezvoltarea unor noi tipuri de actuatori solare.* În: Buletinul AGIR, Suplimentul 1/2016, Inginerie electrică și convertoare energetice, ISSN 1224-7928, p. 35-38.
- [276]. ROMANESCU, A. N.; POIENAR, M.; NIȚAN, I. *Performance Analysis of an Autonomous System Used to Guide the Solar Panels.* In: The 10th International Symposium on Advanced Topics in Electrical Engineering, 23-25 March 2017, Bucharest, Romania.
- [277]. ROMANESCU, A. N.; POIENAR, M.; CENUȘĂ, M.; NIȚAN, I. *Performance analysis of a linear helioteermic actuator.* In: 7th International Conference on Modern Power Systems 2017, 6-9 june 2017, Cluj-

Napoca, România.

- [278]. **ROMANESCU, A. N.**; POIENAR, M.; CERNUȘCĂ, D. *Autonomous system for solar panels orientation.*, In: Catalogul Salonului Național a Inovării și Cercetării Științifice Studențești "CADET INOVA", 2017, Sibiu, România, Aprilie 2017.
- [279]. **ROMANESCU, A. N.**; CERNUȘCĂ, D.; POIENAR, M. *High temperature actuation system.* In: Catalogul Salonului Național a Inovării și Cercetării Științifice Studențești "CADET INOVA", 2017, Sibiu, România, Aprilie 2017.
- [280]. **ROMANESCU, A. N.** *Stadiul actual al soluțiilor în domeniul motoarelor solare bazate pe conversia helio-termo-mecanică – Raport I în cadrul stagiului de pregătire pentru doctorat.* Suceava: Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, mai, 2014.
- [281]. **ROMANESCU, A. N.** *Contribuții preliminare teoretice și experimentale în domeniul realizării motoarelor solare bazate pe conversia helio-termo-mecanică – Raport II în cadrul stagiului de pregătire pentru doctorat.* Suceava: Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică și Știința Calculatoarelor, decembrie, 2015.
- [282]. POIENAR, M.; ȚANȚA, O. M.; **ROMANESCU, A. N.**; CENUȘĂ, M.; OLARIU, E. D., *Actuator heliotermic cu lamă bimetalică*, In: Catalogul Salonului Național a Inovării și Cercetării Științifice Studențești "CADET INOVA", 2016, Sibiu, România, Aprilie 2016.
- [283]. POIENAR, M.; ȚANȚA, O. M.; **ROMANESCU, A. N.**; OLARIU, E. D. , *Actuator heliotermic mixt*, In: Catalogul Salonului Național a Inovării și Cercetării Științifice Studențești "CADET INOVA", 2016, Sibiu, România, Aprilie 2016.
- [284]. CERNOMAZU, D.; POIENAR, M.; **ROMANESCU, A. N.**; ȚANȚA, O. M.; PRODAN, C.; GEORGESCU, D. Ș.; NIȚAN, I.; OLARIU, E. D.; UNGUREANU, C.; RAȚĂ, M. *Actuator heliotermic mixt*. Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00619 din 13.08.2014.
- [285]. CERNOMAZU, D.; POIENAR, M.; **ROMANESCU, A. N.**; ȚANȚA, O. M.; PRODAN, C.; GEORGESCU, D. Ș.; NIȚAN, I.; OLARIU, E. D.; UNGUREANU, C.; RAȚĂ, M. *Actuator heliotermic mixt cu concentrator parabolic*, Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00620 din 13.08.2014.
- [286]. CERNOMAZU, D.; POIENAR, M.; **ROMANESCU, A. N.**; ȚANȚA, O. M.; CENUȘĂ, M.; OLARIU, E. D. *Actuator heliotermic cu lamă bimetalică*. Cerere de Brevet de Invenție nr. A/00218 din 25.03.2015.
- [287]. **ROMANESCU, A. N.** *Studiul privind proiectarea și realizarea unor noi variante de motoare solare – Proiect de diplomă.* Suceava: Universitatea „Ștefan cel Mare”, Facultatea de Inginerie Electrică, iunie, 1998, coordonator științific prof. univ. dr. ing. Dorel CERNOMAZU.