

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00849

(22) Data de depozit: 23/11/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/04/2019 BOPI nr. 4/2019

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
TEHNOLOGII IZOTOPICE ȘI  
MOLECULARE, STR.DONATH NR.65-103,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• BOT ADRIAN, STR. BUSUIOCULUI  
NR. 45, CASA B, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

• REDNIC VASILE, STR.SUB CETATE,  
NR.9, SC.I, AP.5, SAT FLOREȘTI, CLUJ,  
CJ, RO;  
• BRUJ EMIL, STR.ANINA, NR.9, BL.AA5,  
SC I, AP.1, CLUJ - NAPOCA, CJ, RO;  
• POGĂCIAN GHEORGHE SERGIU,  
STR.POET GRIGORE ALEXANDRESCU,  
NR.45, AP.68, CLUJ NAPOCA, CJ, RO;  
• GERGELY ȘTEFAN, STR.RAPSODIEI  
NR.10, BL.P5, AP.1, CLUJ-NAPOCA, CJ,  
RO;  
• POP IONEL-RADU, STR.HOREA  
NR.96-106, AP.23, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• GUTT ROBERT, STR.BUCEGI NR.34,  
SIBIU, SB, RO

(54) CONCENTRATOR SOLAR CU FOCARE MULTIPLE  
ȘI MOTOR STIRLING

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un concentrator solar cu focare multiple și motor Stirling care fac parte din sistemele de producere a energiei din surse regenerabile, alternative, care sunt în concordanță cu normele de mediu. Concentratorul conform invenției este alcătuit dintr-un suport (1) de urmărire solară automatizat, pe care sunt montate mai multe concentratoare (2) solare ce focalizează energia solară pe niște receptoare (41) termice, un sistem (5) de amestec, distribuie, antrenare și control al debitului unui agent (43) termic gazos cuplat la receptoarele (41) termice, un motor (31) Stirling cuplat cu un generator (33) electric, alimentat printr-un sistem automatizat (6) de amestec și control proporțional al debitului unui combustibil gazos, îmbogățit cu hidrogen, un schimbător (7) de căldură conectat în sistemul de răcire comun al motorului (31) Stirling și al elementelor termoelectrice ale unui recuperator (35), un invertor (8) cuplat cu un generator (33) electric, niște acumulatori (9) și un electrolizor (10), concentratoarele (2) solare fiind grupate matriceal pe n rânduri și k coloane, rezultând un sistem de n\*k focare multiple cu n\*k receptoare (41) termice care sunt interconectate paralel, cu ajutorul unui sistem de distribuție (54), și cuplate cu o cameră (32) de ardere a motorului (31) Stirling, iar fiecare receptor (41), conectat independent și în paralel cu restul receptoarelor (41), dispune de niște valve (53) de izolare a debitului de agent (43) termic, ce pot fi acționate independent, energia termică rezultată prin conversia energiei solare concentrate (44)

fiind înmagazinată într-un agent (43) termic gazos care este transferat prin sistemul de distribuție (54) izolat termic, sub presiunea asigurată de un compresor (51) în camera (32) de ardere a motorului (31) Stirling, și utilizată direct în procesul de combustie al motorului (31) Stirling.

Revendicări: 5  
Figuri: 5

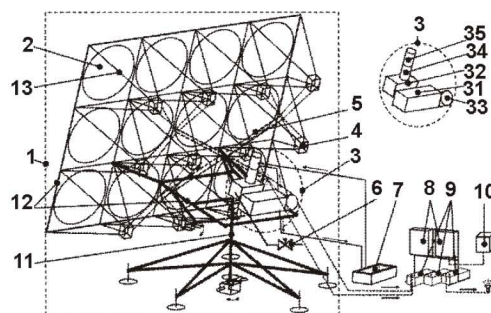


Fig. 1



## Descrierea invenției

a) **titlu:** Concentrator solar cu focare multiple și motor Stirling

b) **precizarea domeniului tehnic in care poate fi folosita invenția;**

Prezenta invenție se referă la un ansamblu hibrid de cogenerare energie electrică și termică din surse mixte, format din sistem de concentratoare solare (2) cu focare multiple, elemente de recepție (4) și transfer al energiei termice către un motor Stirling (31) cuplat cu un generator electric (33). Ansamblul este montat pe un sistem de tip tracking (1), cu două axe, ce permite urmărirea solară pe parcursul întregii zile.

Deoarece sursele mixte de energie folosite includ pe lângă energia solară, biogaz sau gaz natural, domeniul tehnic de aplicare al invenției poate fi asigurarea energiei electrice și termice cu precădere în fermele producătoare de biogaz dar și în locuințe, IMM-uri, etc.

c) **indicarea stadiului anterior al tehnicii și indicarea documentelor care stau la baza acestuia;**

Găsirea celor mai bune concentratoare solare în vederea folosirii energiei solare concentrate în diverse aplicații reprezintă un domeniu îndelung studiat. Una dintre aplicații o reprezintă sistemele concentrator solar-motor Stirling. Majoritatea lor folosesc oglinzi parabolice pentru concentrarea radiației solare, având în focar un motor Stirling [1-4]. De asemenea există sisteme care folosesc, pe lângă concentratorul solar, reflectoare optice pentru a redirecționa lumina solară concentrată [3, 5, 6].

Din clasa concentratoarelor solare cu motor Stirling mai fac parte și sisteme hibride care folosesc atât energia solară concentrată cât și energia termică provenită din arderea combustibililor pentru a suplinii momentele în care energia solară este redusă sau lipsește [4, 7-10].

d) **expunerea invenției in termeni care sa permită înțelegerea problemei tehnice (chiar daca problema tehnică nu este explicit menționată) și a soluției așa cum**

**este revendicata precum și avantajele invenției în raport cu stadiul anterior al tehnicii;**

- **problema tehnică;**

Sistemele concentrator solar-motor Stirling fac parte din sistemele de producere a energiei din surse regenerabile, alternative, care sunt în concordanță cu normele de mediu.

Marele dezavantaj al acestor surse de energie alternativă reprezintă faptul ca ele nu sunt permanente. A apărut astfel ideea sistemelor hibride care folosesc o sursă auxiliară de energie cu rol de a compensa momentele în care sursa primara de energie dispare sau este redusă ca intensitate.

Majoritatea sistemelor concentrator solar-motor Stirling folosesc oglinzi parabolice de mari dimensiuni pentru concentrarea radiației solare. Realizarea acestor oglinzi de dimensiuni mari nu este o problemă neglijabilă iar prețurile de producție sunt ridicate. Chiar și în cazul realizării modulare a acestora, o defecțiune intervenită la una dintre componente face imposibilă înlocuirea doar a componentei respective. Mai mult decât atât ele prezintă dezavantaje prin umbrirea adusă de poziționarea motorul Stirling și prin lungimea brațului de susținere al acestuia care îndepărtează centrul de greutate al sistemului față de axul central. Folosirea unui reflector secundar în focarul receptorului principal [3] pentru a putea plasa motorul Stirling la baza receptorului principal (oglinza parabolică) înlătură acest inconvenient dar nu rezolvă problema umbririi și a costurilor mari datorită folosirii oglinzilor parabolice de dimensiuni mari. Pe de altă parte folosirea mai multor lentile Fresnel, în locul oglinzii parabolice mari, ca și concentratoare principale cuplate cu reflectoare secundare pentru a concentra energia solară în același punct focal [5] rezolvă o parte din problemele prezentate mai sus dar reduce eficiența sistemului datorită pierderilor induse prin reflexiile/refracțiile multiple.

- **expunerea invenției;**

Sistemul prezentat în această invenție este unul hibrid, de cogenerare energie electrică și termică din surse mixte, format dintr-un sistem de concentratoare solare (2) cu focare multiple, elemente (41) de recepție și transfer a energiei termice către camera de ardere

(32) a unui motor Stirling (31) cuplat cu un generator electric (33). Ansamblul este montat pe un sistem (1) de tip tracking cu două axe ce permite urmărirea solară pe parcursul întregii zile. Energia termică rezultată din energia solară concentrată (44), este preluată din receptorul termic (41) de către agentul termic (43) gazos (aer îmbogățit cu oxigen) și ajunge prin intermediul sistemului de distribuție (54) direct în camera de ardere (32) a motorului Stirling (31) unde este folosit în procesul de combustie. Agentul termic (43) gazos este preîncălzit în recuperatorul termic (34) de pe conducta de evacuare a gazelor de ardere a motorului Stirling (31), înainte de a ajunge în receptorul termic (41). În funcție de temperatura la care ajunge agentul termic (43) gazos în camera de ardere, ansamblul este prevăzut cu un sistem (6) automatizat de control și comandă proporțională a debitului de amestec de combustibil gazos cu hidrogen pentru a compensa momentele cu însorire redusă/absentă și a păstra la o temperatură constantă partea caldă a motorului Stirling (31) indiferent de condițiile de însorire. Cel de al doilea recuperator termic (35) de pe traseul de evacuare a gazelor de ardere a motorului Stirling (31) este prevăzut cu elemente termoelectrice răcite pentru conversia energiei termice în energie electrică. Sistemul de răcire al acestora este conectat cu cel al motorului Stirling (31) și include un schimbător de căldură (7) pentru recuperarea energiei termice sub forma apei calde. Ansamblul mai cuprinde un invertor (8), baterii (9) pentru conversia și stocarea energiei electrice produse și un electrolizor (10) care folosește surplusul de energie electrică în procesul de electroliză a apei obținând astfel oxigenul și hidrogenul folosiți pentru îmbogățirea aerului și respectiv a combustibilului gazos.

- **avantajele;**

Comparativ cu stadiul tehnicii, soluția propusă are următoarele avantaje cumulate și integrate în același sistem:

- folosește un sistem de concentratoare solare (2) cu focare multiple înlăturând concentratorul clasic cu oglinzi parabolice de dimensiuni și distanță focală mari ceea ce are următoarele avantaje: cost redus, distanță focală redusă permițând realizarea unui ansamblu compact al cărui centru de greutate este mai apropiat de axul central reducând astfel dimensiunile constructive ale sistemului de susținere,

- implicit gabaritul și totale ale sistemului, este un sistem modular cu lentile independente care permite înlocuirea rapidă a unui element în caz de defecțiune;
- datorită sistemului hibrid (surse mixte) poate funcționa și la iradianță scăzută (cer noros) sau noaptea; acest lucru este posibil datorită sistemului propriu automatizat de control și comandă a debitului de amestec de combustibil gazos cu hidrogen, astfel încât temperatura schimbătorului de căldură al motorului Stirling să nu coboare sub valoarea minimă de funcționare indiferent de condițiile de însorire;
  - folosește surplusul de energie electrică în procesul de electroliză a apei obținând astfel oxigenul și hidrogenul folosiți pentru îmbogățirea aerului și respectiv a combustibilului gazos;
  - produce atât energie electrică cât și termică;
  - are un sistem de recuperare (34, 35), în doua trepte, a energiei termice din gazele de ardere;
  - receptoarele termice (41) din focarul concentratoarelor solare (2) sunt interconectate în paralel cu ajutorul sistemului de distribuție debit (54) și dispun de valve de izolare (53) care, în cazul unei eventuale defecțiuni, permit izolarea traseului în cauză nefiind necesară oprirea întregului ansamblu.

#### e) prezentarea pe scurt a desenelor explicative

**Figura 1.** În această figură este prezentată schema de principiu ansamblu hibrid de cogenerare energie electrică și termică din surse mixte.

**Figura 2.** În această figură este prezentată o vedere din față a subansamblului 12.

**Figura 3.** În această figură este prezentată o secțiune prin sistemul receptor termic (4) din focarul concentratorului solar (2).

**Figura 4.** În această figură este prezentată o schematizare a întregului proces energetic.

**Figura 5.** În această figură este prezentat un exemplu de realizare cu 12 concentratoare solare și un motor Stirling cu un generator electric de 3 kW.

- f) **expunerea detaliată a invenției pentru care se solicită protecția; în această expunere trebuie să fie prezentate unul sau mai multe exemple de realizare și funcționare cu trimitere la desene; expunerea se face clar, complet și corect astfel încât o persoană de specialitate să o poată realiza fără activitate inventivă;**
- **în cazul în care producerea sau folosirea obiectului invenției nu rezultă explicit din descrierea sau natura invenției este necesară descrierea modului în care obiectul invenției este folosit, exploatat sau fabricat;**
  - **în descriere pot fi prezentate formule, modele, algoritmi fără ca prezentarea obiectului invenției în exemplu de realizare să se bazeze exclusiv pe acestea**

Prezenta invenție se referă la un ansamblu hibrid de cogenerare energie electrică și termică din surse mixte, format din sistem de concentratoare solare (2), cu focare multiple, elemente (41) de recepție și transfer al energiei termice către agentul termic (43) gazos care la rândul său este transferat prin intermediul sistemului de distribuire debit (54) către un motor Stirling (3) cuplat cu un generator electric. Ansamblul este montat pe un sistem (1) de tip tracking cu două axe ce permite urmărirea solară pe parcursul întregii zile. Schema de principiu este prezentată în **figura 1**. Dimensiunile sistemului (1) depind de numărul de concentratoare solare (2) montate și de dimensiunile motorului Stirling (31) instalat. Sistemul (1) este compus dintr-un cadru de susținere (11) care permite și mișcarea azimutală a întregului ansamblu, de care este conectat cadrul (12) care permite mișcarea de elevație și pe care sunt montate ansamblul motor Stirling (3), concentratoarele solare (2), sistemul distribuire debit (54) al agentului termic (43) gazos și suportul (13) pe care sunt montate elementele (41) receptoare. Suportul (13) include un sistem de reglaj al poziției, pe 3 axe, care permite poziționarea elementelor (41) în focarul concentratoarelor solare (2). Ansamblul (1) mai include niște motoare și niște reductoare care asigură mișcarea ansamblului pe cele două axe, niște cititoare de poziție unghiulară, și un sistem GPS pentru identificarea coordonatelor geografice, data și ora, necesare poziționării.



Energia solară este concentrată (44) cu ajutorul concentratoarelor solare (2), de tip lentilă Fresnel, pe receptoarele termice (41) care au și rol de schimbătoare de căldură, transferând energia termică, receptată din radiația solară concentrată (44), agentului termic (43) gazos. Concentratoarele (2) solare, sunt grupate matricial pe  $n$  rânduri și  $k$  coloane, rezultând, cum se poate observa în **figura 2**, un sistem cu  $n \cdot k$  focare multiple care sunt interconectate (54) paralel și cuplate cu camera de ardere (34) a unui motor Stirling (31). Folosirea lentilelor Fresnel identice în locul oglinzilor parabolice aduce o serie de avantaje care au fost descrise mai sus. Receptorul termic (41) din focarul lentilelor Fresnel este conceput și optimizat pentru tipul de lentile prezentate în exemplul de realizare, astfel încât să aibă o eficiență ridicată în captarea și transferul căldurii către agentul termic (43). Receptorul focal (41) este plasat într-o cărămidă refractar-izolatoare (42) pentru a minimiza pierderile de energie termică. O secțiune prin receptor (41) este prezentată în **figura 3**. Forma receptorului (41) este de tip lamelar etajat. Aerul intră în receptorul (41) în partea de jos, se încălzește treptat pe traseu și-l părăsește în zona de sus care are cea mai ridicată temperatură fiind poziționată în zona de focalizare a concentratorului solar (2).

Înainte de a ajunge în receptorul focal (41), agentul termic (43) este preîncălzit în recuperatorul de căldură (34), care este un schimbător de căldură cu ajutorul căruia este recuperată o parte din energia termică din gazele de ardere ale motorului Stirling (31) și transferată agentului termic (43). La ieșirea din recuperator (34), agentul termic (43) este distribuit spre receptoarele termice (41) din focarul lentilelor Fresnel și apoi ajunge în camera de ardere cu ajutorul unui sistem de distribuție (54) izolat termic față de mediu înconjurător pentru a minimiza pierderile de energie. Sistemul de antrenare, distribuție și control (5) al debitului de agent termic (43) include o sursă de debit (51) care poate fi un compresor, ventilator, etc, un sistem de reglare a debitului și a proporției de aer îmbogățit cu oxigen (52), țevi și distribuitoare de debit (54) și robinete de izolare debit (53). O schematizare a întregului proces energetic este prezentată în **figura 4**.

Schimbătorul de căldură al motorului Stirling (31), aflat în camera de ardere (32), trebuie menținut la o temperatură constantă, necesară funcționării continue. Pentru a compensa perioadele cu însorire redusă sau fără soare, camera de ardere (32) este prevăzută cu arzătoare de amestec de gaz (biogaz, gaz metan, etc) cu hidrogen ca și sursă auxiliară

de energie. Procesul de ardere este controlat cu un sistem automatizat (6) de control proporțional al debitului și al amestecului de combustibil.

Cel de al doilea recuperator termic (35) de pe traseul de evacuare a gazelor de ardere a motorului Stirling (31) este prevăzut cu elemente termoelectrice răcite pentru conversia energiei termice în energie electrică. Sistemul de răcire al acestora este conectat cu cel al motorului Stirling (31) și include un schimbător de căldură (7) pentru recuperarea energiei termice sub forma apei calde. Ansamblul mai cuprinde un invertor (8), baterii (9) pentru conversia și stocarea energiei electrice produse și un electrolizor (10) care folosește surplusul de energie electrică în procesul de electroliză a apei obținând astfel oxigenul și hidrogenul folosiți pentru îmbogățirea aerului și respectiv a combustibilului gazos.

### Exemple de realizare

Ansamblul poate fi dimensionat și configurat astfel încât să corespundă atât caracteristicilor de iradianță locale cât și necesarului de energie electrică și termică al consumatorului.

Un exemplu de realizare este prezentat în **figura 5**. Acesta este compus din: 12 concentratoare solare (2) de tip lentila Fresnel din PMMA de 5 mm grosime, cu o suprafață activă de aproximativ 0.92 m<sup>2</sup>, 1.3 m distanță focală, și o transmittanță de 90%. Motorul Stirling (31) instalat este un prototip, cu un generator electric (33) de putere 3kW. Sistemul de urmărire solară (1) este dimensionat pentru a putea prelua forțele de încărcare ale întregului sistem cât și forțele exterioare (vânt, zăpadă, etc.)

### Bibliografie

1. Roelf J. Meijer, Solar powered Stirling engine, US4707990A
2. Glendon M. Benson, Solar powered free-piston Stirling engine, US4642988A
3. Cristina Naranjo Sosa, Felix Gilabert Munoz, Isaac Garaway, Erez Harel, David Klein, Stirling engine solar concentrator system, WO 2011/053895 A1



4. Mark Mehos, Kenneth Anselmo, James Moreno, Charles Andraka, K. Rawlinson, John Corey, Mark Bohn, Dish/stirling hybrid-receiver, US20020059798A1
5. Gilbert Cohen, Roland Winston, Multiple reflector solar concentrators and systems, US20040140000A1
6. 盖, 志, 武, Multiple-focus coincident Fresnel lens system, CN103885165A
7. John F. W. Parry, Hot air solar engine, US4414812A
8. Edgar English, Jr., Solar energy conversion apparatus provided with an automatic cut-in heat-supplying standby apparatus, US4398391A
9. Worth H. Percival, David N. Wells, Hybrid solar/combustion powered receiver, US4602614A
10. Yilong Chen, Qingping Yang, Yanfeng Zhang, Disc-type solar stirling engine power generation device capable of operating continuously day and night, EP2716910A4



**g) Revendicări**

1. Concentrator solar cu focare multiple și motor Stirling, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un suport (1) de urmărire solară automatizat pe care sunt montate: mai multe concentratoare (2) solare ce focalizează energia solară pe receptoare termice (41), un sistem (5) de amestec, distribuire, antrenare și control al debitului agentului termic (43) gazos cuplat la receptoarele termice (41), un ansamblu motor Stirling (31) - generator electric (33), alimentat printr-un sistem automatizat de amestec și control proporțional al debitului de combustibil gazos (6) îmbogățit cu hidrogen, un schimbător de căldură (7) conectat în sistemul de răcire comun al motorului Stirling (31) și al elementelor termoelectrice ale recuperatorului (35), un invertor (8) cuplat cu generatorul electric (43), niște acumulatori (9) și un electrolizor (10).
2. Concentrator solar cu focare multiple și motor Stirling, conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că**, concentratoarele (2) solare, sunt grupate matricial pe  $n$  rânduri și  $k$  coloane, rezultând un sistem cu  $n*k$  focare multiple care sunt interconectate (54) paralel și cuplate cu camera de ardere (32) a unui motor Stirling (31);
3. Concentrator solar cu focare multiple și motor Stirling, conform cu revendicările 1, 2, **caracterizat prin aceea că** fiecare receptor (41), conectat independent și în paralel cu restul receptoarelor (41), dispune de valve de izolare (53) a debitului de agent termic (43) ce pot fi acționate independent;
4. Concentrator solar cu focare multiple și motor Stirling, conform cu revendicările 1, 2, 3, **caracterizat prin aceea că** energia termică rezultată prin conversia energiei solare concentrate (44) este înmagazinată într-un agent termic (43) gazos care este transferat prin conducte (54) izolate termic, sub presiunea asigurată de un compresor (51) în camera de ardere (32) a motorului Stirling (31) și utilizată direct în procesul de combustie al motorului Stirling (31);
5. Receptor termic (41), conform cu revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** are o structură lamelar etajată, izolată termic (42), ce captează energia solară concentrată (44) și o transferă unui agent termic (43) gazos.

h) Desene explicative

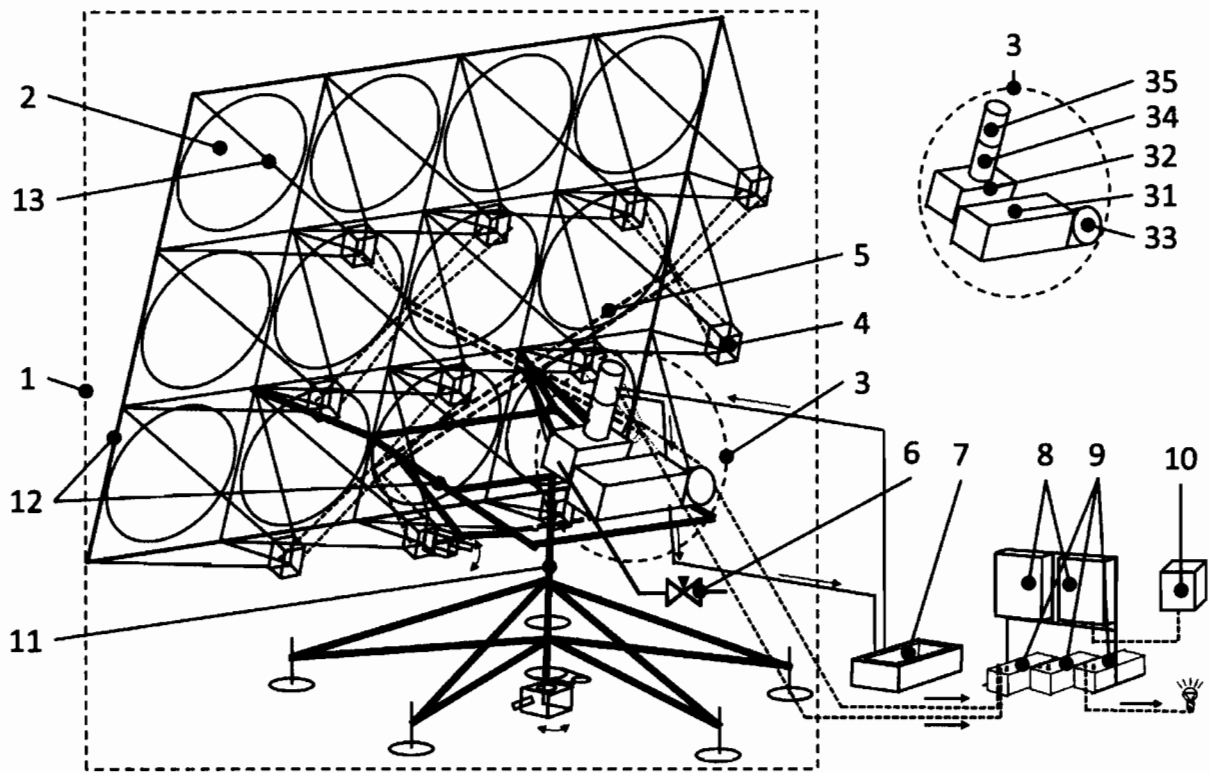


Figura 1

*[Handwritten signature]*

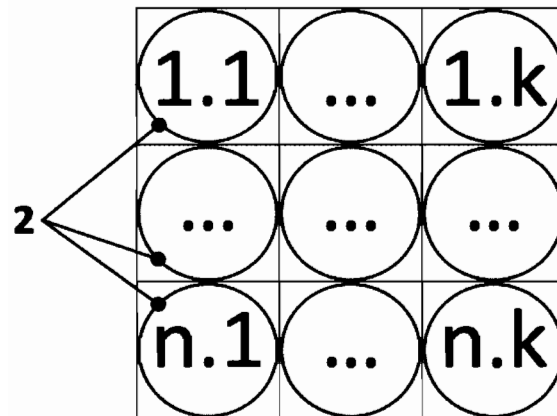


Figura 2

↓

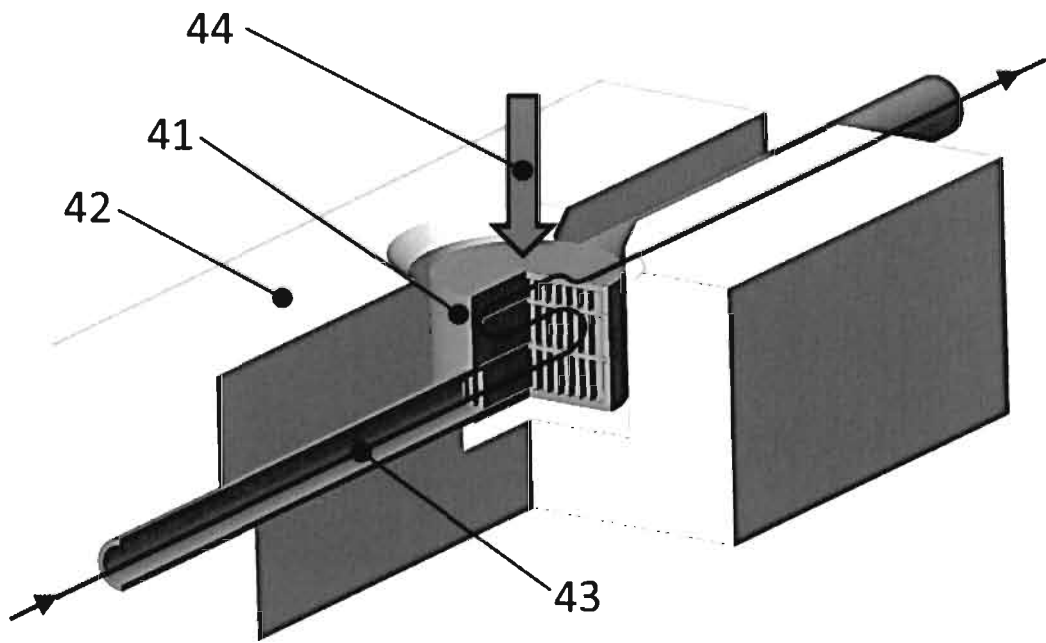


Figura 3



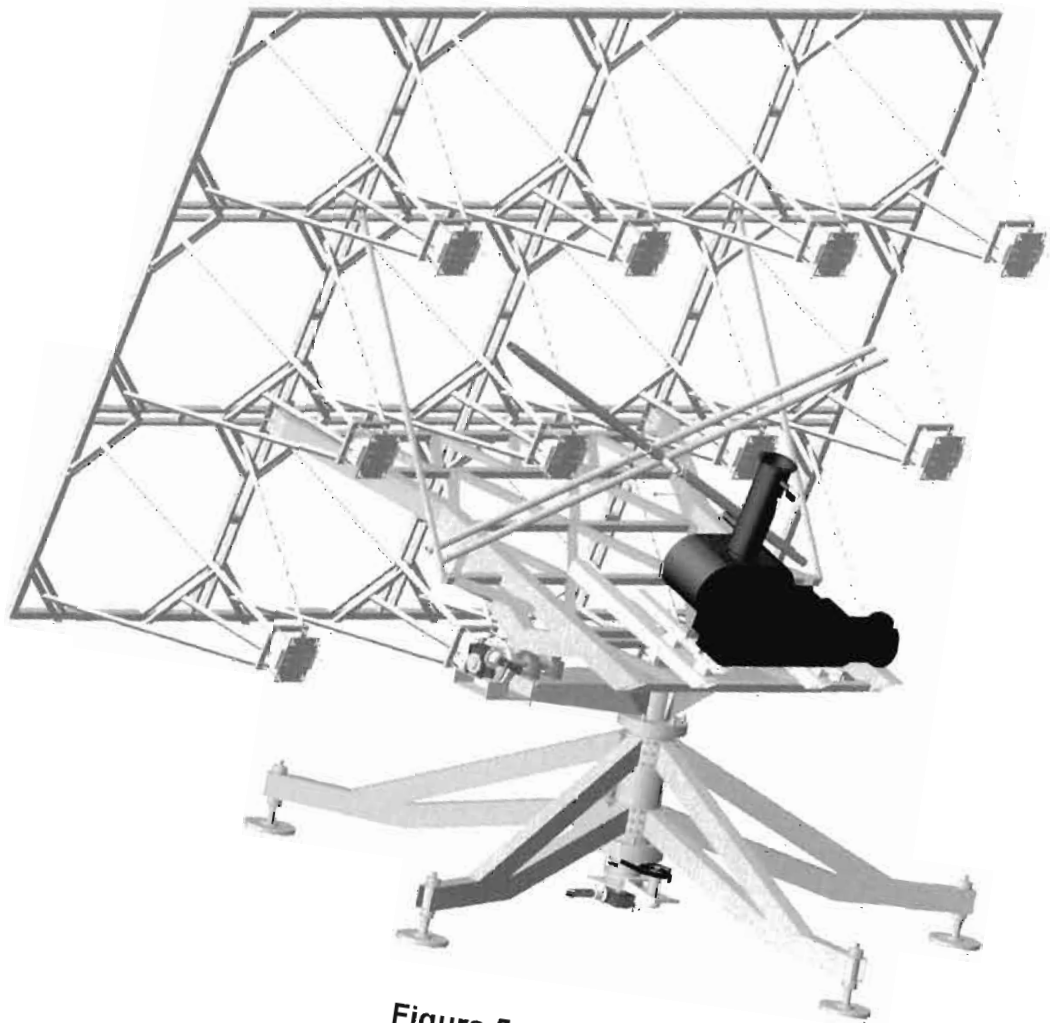


Figura 5

1/15