

Invenția se referă la instalațiile termoelectrice fără arderea combustibilului și producerea CO₂, și anume, la instalațiile de conversiune a energiei solare fără elemente fotovoltaice.

Este cunoscută instalația solară cu motor Stirling pentru generarea energiei, care include lentile Fresnel pentru colectarea căldurii solare, un conductor din sticlă cuarț pentru ghidarea căldurii colectate de lentile, un motor Stirling, antrenat de sursa de căldură colectată, și un generator electric, antrenat de motorul Stirling [1].

Soluția cunoscută prezintă interes la nivel conceptual. Însă lipsa mecanismelor de orientare la soare în două planuri (meridional și latitudinal) nu asigură eficiența înaltă de conversiune a energiei solare.

De asemenea, este cunoscută instalația energetică solară, care include un concentrator, un receptor de căldură cu module de termoemisie, asigurare cu țevi de căldură izolate electric, zonele de evaporare ale cărora reprezintă anozii modulelor de termoemisie, iar zonele de condensare reprezintă încălzitoarele motorului Stirling cu electrogenerator [2].

În instalația examinată, de asemenea, nu sunt rezolvate problemele orientării instalației solare la soare, iar conectarea directă a motorului Stirling la electrogenerator, fără utilizarea unei transmisii mecanice, reduce eficacitatea instalației și posibilitățile ei funcționale.

În calitate de prototip a fost aleasă instalația solară cu motor Stirling, care include un concentrator solar cu oglinzi, instalat cu posibilitatea rotirii în jurul axei verticale pe un suport vertical, un receptor de căldură cu module de termoemisie asigurate cu țevi izolate de căldură, regenerator și răcitor a agentului de lucru a motorului Stirling, instalat pe o structură metalică cu posibilitatea varierii unghiului de înclinare fără de concentratorul solar, care include cilindri și pistoane, legate cu mecanismul de transformare a mișcării alternative de translație în mișcare de rotație, arborele de ieșire al căruia este legat cu rotorul generatorului electric [3].

Instalația solară examinată posedă structură complicată, eficiență relativ redusă și posibilități funcționale reduse.

Problema pe care o rezolvă invenția este simplificarea construcției, mărirea eficienței și lărgirea posibilităților funcționale.

Problema se rezolvă prin aceea că în instalația solară cu motor Stirling, care include un concentrator solar cu oglinzi, instalat cu posibilitatea rotirii în jurul axei verticale pe un suport vertical, un receptor de căldură cu module de termoemisie, asigurare cu țevi izolate de căldură, regenerator și răcitor a agentului de lucru ale motorului Stirling, instalat pe un cadru cu posibilitatea varierii unghiului de înclinare față de concentratorul solar, care include cilindri cu pistoane, legate cu mecanismul de transformare a mișcării alternative de translație în mișcare de rotație, arborele de ieșire al căruia este legat cu rotorul generatorului electric, motorul Stirling este executat cu cel puțin trei cilindri cu pistoane, axele cărora sunt amplasate pe circumferință, iar capetele tijelor pistoanelor sunt legate cinematic cu flanșa înclinată a roții dințate conice, care este legată cinematic cu o roată satelit plată cu dinți în formă de role, instalată pe un arbore înclinat, legat rigid cu rotorul generatorului electric, totodată roata satelit plată este legată cinematic cu o roată dințată conică, numărul dinților căreia este egal cu numărul de role conice ale roții satelit plate; concentratorul solar cu oglinzi este legat rigid cu capătul unui cadru, pe celălalt capăt al cadrului este fixat receptorul de căldură, motorul Stirling și generatorul electric, iar cadrul este legat articulat prin intermediul unei osii cu o furcă, fixată pe o platformă, instalată pe un lagăr axial, și legată rigid cu un arbore instalat pe rulmenți în interiorul suportului vertical, care este legat cu arborele condus al unui reductor precesional; reductorul precesional include un arbore înclinat, legat rigid cu rotorul motorului electric, pe care este instalat liber un satelit cu două coroane danturate, de o parte a căruia este amplasată o roată dințată conică, legată rigid cu carcasa, iar din altă parte este amplasată o roată dințată conică mobilă, cu care este legat cu posibilitatea deplasării axiale un arbore înclinat tubular, pe care este instalat liber alt satelit cu două coroane danturate, de o parte a căruia este amplasată o roată dințată conică, legată rigid cu carcasa, iar din altă parte este instalată o roată dințată conică mobilă, legată rigid cu arborele condus; cadrul este legat suplimentar cu furca prin intermediul unei osii, pe care este fixat un motor electric și un reductor precesional, în butucul roții mobile a căreia este instalată excentric față de axa roții dințate conice mobile și axa unui șurub, al doilea capăt al căruia este legat rigid cu o osie, instalată articulat în furcă, paralel și la o distanță de osia, care leagă articulat rama de furcă.

În instalația solară cu motor Stirling în altă variantă tijele pistoanelor sunt executate din două părți unite între ele cu o articulație, și sunt legate prin articulații sferice cu flanșa exterioară a roții satelit plată, de o parte a căreia se află o roată dințată conică fixă, iar de altă parte este amplasată o roată dințată conică mobilă, legată rigid cu arborele de ieșire.

Esența invenției constă următoarele:

- utilizarea motorului Stirling cu cel puțin 3 cilindri amplasați pe circumferință, pistoanele cărora efectuează mișcări alternative cu cursă redusă asigură majorarea eficienței de transformare a energiei termice a agentului de lucru în energie mecanică (cursa redusă a pistonului necesită o cantitate mică de energie termică pe perioada unui ciclu), echilibrare dinamică;
- instalarea între motorul Stirling și generatorul electric a unui multiplicator precesional, generatorul mișcării de precesie a căruia este legat cinematic cu pistoanele motorului Stirling asigură eficiență sporită de generare a energiei electrice și simplitate constructivă a mecanismului de transformare a mișcării alternative de translație în mișcare de rotație multiplicată;
- legătura directă a pistoanelor motorului Stirling cu flanșa roții satelit plată asigură transformarea mișcării de translație alternativă în mișcare precesională a roții satelit plată, și transformarea mai departe a mișcării de precesie în mișcare de rotație redusă, necesară unor mașini de lucru, utilizând o construcție simplă;

- realizarea mișcării de urmărire precisă a mișcării soarelui în plan latitudinal prin utilizarea unui motor reductor precesional în două trepte (care asigură raport de transmitere foarte mare $\approx 0,5$ rotații într-o zi), arborele înclinat al treptei a două fiind amplasat liber în direcție axială asigură un grad înalt de concentrare a razelor solare, care cad asupra concentratorului solar cu oglinzi fapt ce permite majorarea eficienței instalației prin utilizarea unui mecanism de orientare la soare relativ simplu;

- realizarea mișcării de urmărire precisă a mișcării soarelui în plan meridional prin utilizarea unui motor reductor precesional, și a unei transmisii elicoidale dezaxate, piulița căreia este amplasată în butucul roții dințate conice mobile excentric față de axa roții dințate conice mobile și axa șurubului, unul din capetele căruia este legat articulat în plan meridional cu suportul vertical asigură majorarea eficienței instalației prin utilizarea unui mecanism de orientare la soare în plan meridional relativ simplu.

Invenția se explică prin figurile 1-9, care reprezintă:

- fig. 1 – vederea generală tridimensională a instalației solare cu motor Stirling;
- fig. 2 – vederea frontală a instalației solare cu motor Stirling;
- fig. 3 – vederea laterală a instalației și schema de concentrare a razelor solare pe receptor;
- fig. 4 – construcția motorului Stirling cu transmisie precesională;
- fig. 5 – vederea I din fig. 4 cu o transmisie precesională, care funcționează în regim de multiplicator;
- fig. 6 – vederea I din fig. 4 cu o transmisie precesională, care funcționează în regim de reductor;
- fig. 7 – vederea II din fig. 1;
- fig. 8 – vederea III din fig. 2;
- fig. 9 – vederea IV din fig. 8.

Instalația solară cu motor Stirling conform fig. 1 include concentratorul solar 1, fixat rigid pe unul din capetele cadrului 2, pe celălalt capăt al căruia este instalat fix receptorul de căldură cu elemente de termoemisie a razelor solare 3, motorul Stirling 4 și generatorul electric 5. Axa comună a generatorului electric 5, motorului Stirling 4 și receptorului de căldură 3 trece prin centrul geometric al concentratorului solar 1. Cadrul 2 este legat articulat prin osia 6 cu furca 7 a platformei rotitoare 8, instalată pe suportul vertical 9 instalat fix. Pe cadrul 2 este instalat articulat pe osia 10 mecanismul de reglare a poziției instalației în plan meridional 11, șurubul 12 al căruia este legat rigid cu osia 13 instalată articulat pe furca 7 paralel și la o distanță față de osia 6. Motorul Stirling 4 (fig. 4) include camera interioară 14 a receptorului de căldură 3, regeneratoarele 15 legate cu răcitorul 16 și cu camerele cilindrului 17 prin conductele 18. Pistoanele 19 sunt legate prin tijele 20 cu pistoanele de ghidare 21, care, la rândul lor articulat cu tijele 22. Tijele 22 sunt legate transmisia precesională 23. În transmisia precesională (fig. 5) tijele 22 sunt legate cinematic prin bilele 24 cu flanșa înclinată 25 a roții dințate conice 26, legată cinematic cu roata satelit 27 cu dinți în formă de role conice 28, care, la rândul său est legat cinematic cu o altă roată dințată conică 29, legată fix cu carcasa 30. Roata satelit plată 27 este instalată liber pe arborele înclinat 31, care este legat cu rotorul generatorului electric 32. În transmisia precesională în altă variantă (fig. 6) tijele 22 sunt legate prin articulația sferică 33 cu flanșa exterioară 34 a roții satelit plată 35 cu dinți în formă de role 36, de o parte a căruia este instalată roata dințată conică fixă 37, legată cu carcasa 38, iar de altă parte – roata dințată conică mobilă 39, instalată fix pe arborele 40, legat în continuare cu mașina de lucru 41.

Mecanismul de orientare a stației solare în plan meridional (fig. 7) include motorul electric 42, rotorul 43 al căruia executat cav este legat rigid cu discul 44 cu flanșa înclinată 45, care prin corpurile de rulare 46 este legată, cinematic cu flanșa blocului satelit 47 cu coroanele danturate cu role 48 și 49, care sunt legate cinematic cu roata dințată conică 50, fixată rigid în carcasa 51, și, respectiv, cu roata dințată conică mobilă 52. Pe un capăt al butucului roții dințate conice 52 pe bucușă sferică 53 este amplasat liber blocul satelit 47, iar în cavitatea celuilalt capăt al butucului roții dințate conice 52 este fixată rigid piulița 54, suprafața filetată a căreia este executată cu excentricitatea Δe față de axa șurubului 12, amplasat în gaura filetată a piuliței 54, diametrul căreia este mai mare decât diametrul șurubului 12. Șurubul 12 este amplasat în interiorul butucului roții dințate conice 52 și al cavității rotorului 43 al motorului electric 42. Un capăt al șurubului 12 este instalat pe sprijinul 55, iar celălalt capăt este legat rigid cu osia 13 instalată pe sprijinele 56 în furca 7. Carcasa 51 este legată articulat cu cadrul 2 prin intermediul osiilor 57 și lagărelor 58.

Mecanismul de orientare a stației solare în plan latitudinal (fig. 8) include motor-reductorul precesional 59, arborii conduși 60 și 61 al căruia pot fi legați prin intermediul cuplajelor unisens 62 sau 63 cu axul 64, instalat pe lagărele 65 în cavitatea suportului vertical 9, și legat rigid cu platforma rotitoare 8, instalată pe lagărul axial 65 pe flanșa suportului vertical 9. Motor reductorul precesional 59 include motorul electric 67, rotorul căruia este legat rigid cu arborele înclinat 68, pe suprafața înclinată a căruia este amplasat liber blocul satelit 69 cu coroanele cu role 70 și 71, care sunt legate cinematic cu roata dințată conică 72, legată rigid cu carcasa 73, și, respectiv, cu roata dințată conică 74 legată cu arborele înclinat 75 cu posibilitatea unor microdeplasări a ultimului în direcție axială. Arborele înclinat 75 este legat rigid cu arborele condus 61. Pe arborele înclinat 75 este amplasat liber blocul satelit 76, coroanele cu role ale căruia 77 și 78 sunt legate cinematic cu roata dințată conică 79, fixată rigid în carcasa 73, și, respectiv, cu roata dințată conică 80, legată rigid cu arborele condus 60.

Instalația solară cu motor Stirling funcționează în modul următor:

Razele solare (fig. 3) fiind reflectate de oglinzile concentratorului solar 1 sunt colectate de receptorul 3 cu elemente de termoemisie, care transmite căldură în camera interioară a receptorului de căldură 3. În rezultat are loc încălzirea gazului în cilindrul 17 al motorului Stirling la un volum aproximativ constant, apoi are loc dilatarea gazului la aproximativ temperatură constantă, apoi gazul este mănăat prin tubul 18 în regeneratoarele 15 și răcitorul 16, unde are

loc răcirea gazului la un volum aproximativ constant. Apoi gazul răcit este mântat în zona fierbinte și procesul se repetă. Mișcarea de translație a pistonului 19 este transmisă, prin tija 20, pistonul de ghidare 21 și tija 22 transmisiei precesionale 23. În cazul necesității multiplicării mișcării de rotație a arborelui de ieșire a transmisiei precesionale (la transformarea energiei termice solare în energie electrică) tijele 22 acționează asupra flanșei înclinată 25 a roții dințate 26. La un ciclu complet de lucru a motorului Stirling (toate pistoanele 19 au efectuat câte un ciclu de mișcare alternativă de translație) roata dințată conică 26 va efectua o rotație completă în jurul axei sale. În continuare în rezultatul angrenării dinților roților dințate conice 26 cu rolele conice 28 ale roții satelit plate 27 la rotirea roții dințate conice cu un unghi egal cu pasul unghiular roata satelit plată 27 va efectua un ciclu complet de precesie care prin intermediul arborelui înclinat 31 se transformă într-o turație a rotorului generatorului electric 32. Gradul de multiplicare va fi:

$$i_{1s} = -\frac{Z_{28} - Z_{26}}{Z_{28}},$$

Unde Z_{28} sunt numărul de role conice 28;

Z_{26} – numărul de dinți ai roții dințate conice 26.

Totodată $Z_{28} = Z_{26} \pm 1$, iar $Z_{28} = Z_{29}$.

Astfel la un ciclu complet de lucru a motorului Stirling (la o turație a roții dințate conice 26) rotorul motorului electric se va roti cu turația $n_m = Z_{26}$.

În cazul transformării energiei termice solare în lucru mecanic al mașinii de lucru, când este necesară reducerea mișcării de rotație a arborelui de ieșire al transmisiei precesionale, mișcarea de translație a tijelor 22 se transmite prin articulația sferică 33 roții satelit plată 35, care va efectua mișcare de precesie în jurul centrului de precesie O . În rezultatul angrenării rolelor 36 cu dinții roților fixă 37 și mobilă 39, ultima se va roti cu gradul de reducere:

$$i_{2s} = -\frac{Z_{36}}{Z_{39} - Z_{36}},$$

unde Z_{36} este numărul rolelor conice,

Z_{39} – numărul dinților roții dințate conice 39.

Totodată $Z_{37} = Z_{36}$, iar $Z_{36} = Z_{39} \pm 1$.

Mișcarea de rotație redusă se transmite mai departe mașinii de lucru 41.

Pentru asigurarea unui grad înalt de conversiune a energiei solare în energie termică este necesară orientarea permanentă a concentratorului solar la soare, care trebuie efectuată în două planuri: meridional și latitudinal.

Traectoria mișcării soarelui pe cer poate fi descompusă în 2 componente: mișcare de rotație în jurul pământului (rotație latitudinală); mișcare de rotație în plan meridional (ridicarea soarelui pe cer).

Orientarea stației în plan meridional se efectuează în următor. La funcționarea electromotorului 42 numărul de turații se reduce în angrenajul precesional format din roțile dințate Z_{50} , Z_{48} , Z_{49} și Z_{52} . Cu gradul de reducere:

$$i_m = -\frac{Z_{48} \cdot Z_{52}}{Z_{50} \cdot Z_{49} - Z_{48} \cdot Z_{52}},$$

unde Z_{48} , Z_{49} sunt numerele de role ale coroanelor 48 și 49 cu role ale blocului satelit 47;

Z_{50} , Z_{52} – numerele de dinți ai roților dințate conice 50 și 52.

În continuare mișcarea de rotație redusă a roții dințate 52 prin intermediul piuliței excentrice 54 se va transforma în mișcare de translație a șurubului 12, care se va reduce suplimentar în angrenajul „piuliță dezaxată 54 – șurub 12”, deoarece pasul piuliței poate fi luat mult mai mic decât pasul șurubului, și deci la o rotație a piuliței dezaxate 54 șurubul 12 se va deplasa cu valoarea egală cu pasul filetelui piuliței. Deci raportul de transmitere sumar va fi:

$$i_{\Sigma} = i_m \cdot i_{t,s-p},$$

unde $i_{t,s-p}$ este raportul de transmitere a transmisiei șurub – piuliță dezaxată.

$$i_{t,s-p} = \frac{P_s}{P_{p.d}},$$

unde P_s este pasul șurubului;

$P_{p.d}$ – pasul piuliței dezaxate.

În final cadrul 2 împreună cu concentratorul solar și nodul „receptorul de căldură 3 – motorul Stirling 4 – generator electric 5” ce va roti în plan meridional urmărind traectoria mișcării soarelui pe cer: până la masă odată cu ridicarea soarelui pe cer concentratorul solar și nodul „receptor de căldură – motor Stirling – generator electric” își vor mări unghiul de înclinare față de orizontală, atingând unghiul maxim la poziția maximă de sus a soarelui. După amiază unghiul de înclinare a nodurilor stației solare se va reduce până la unghiul minim corespunzător asfințitului soarelui.

Pentru diferite zone de amplasare a instalațiilor solare pe globul pământesc acest unghi este diferit. Pentru zona ecuatorului unghiul de înclinare crește de la $0 \rightarrow 90^\circ$, apoi scade $90^\circ \rightarrow 0$.

Rotirea stației solare în plan latitudinal se efectuează în modul următor.

Mișcarea de rotație a rotorului motorului electric 67 se transforma prin intermediul arborelui înclinat 68 în mișcare precesională a blocului satelit 69. În rezultatul angrenării coroanelor cu role 70 și 71 cu roțile dințate conice 72 și 74 ultima se va roti cu raportul de transmitere:

$$i_{11} = -\frac{Z_{70} \cdot Z_{74}}{Z_{72} \cdot Z_{71} - Z_{70} \cdot Z_{74}},$$

unde Z_{70} , Z_{71} sunt numărul roților coroanelor 70 și 71;

Z_{72} , Z_{74} – numerele dinților roților dințate conice 72 și 74.

Mișcarea de rotație redusă a roții dințate 74 se transformă în continuare prin intermediul arborelui înclinat 75 în mișcare de precesie a blocului satelit 76. În rezultatul angrenării coroanelor cu roți 77 și 78 cu roțile dințate conice 79 și 80, ultima împreună cu arborele condus 60 se va roti cu gradul de reducere:

$$i_{21} = -\frac{Z_{77} \cdot Z_{80}}{Z_{79} \cdot Z_{78} - Z_{77} \cdot Z_{80}},$$

unde Z_{77} , Z_{78} sunt numerele de roți ale coroanelor 77 și 78;

Z_{79} , Z_{80} – numerele de dinți ai roților dințate conice 79 și 80.

raportul de transmitere sumar va fi:

$$i_{\Sigma 1} = i_{11} \cdot i_{21}.$$

Deci mișcarea de rotație redusă a arborelui condus 60 se va transmite prin cuplajul unisens 62, axul 64 platformei rotitoare 8 și mai departe cadrului 2, concentratorului solar 1 și nodului „receptor de căldură 3 – motor Stirling 4 – generator electric 5”, montate pe el, asigurând urmărirea soarelui în plan latitudinal.

Întoarcerea instalației în poziția inițială, corespunzătoare răsăritului soarelui se efectuează prin schimbarea direcției de rotire a rotorului motorului electric 67. În acest caz mișcarea de rotație redusă cu gradul de reducere i_{11} se va transmite prin intermediul cuplajului unisens 63, și mai departe platformei rotitoare 8.

Ilustrăm rotirea instalației solare pe baza următorului exemplu: Să admitem că motorul electric 67 are turația $n_{67}=1500 \text{ min}^{-1}$. Perioada cea mai lungă cu soare a zilei este de 15 ore, ceea ce reprezintă 0,63 din 24 ore sau corespunde unghiului de rotire de 238° sau 0,63 rotații a instalației în jurul axei sale. Deci raportul de transmitere sumar necesar va fi:

$$i_{\Sigma 1} = \frac{n_{67}}{n_{60}} = \frac{1500 \text{ min}^{-1}}{1/24 \cdot 60 \cdot \text{min}^{-1}} = 2.160.000.$$

Pentru realizarea acestui raport de transmitere este necesar un reductor precesional în 2 trepte. Deoarece prima treaptă se utilizează pentru reîntoarcerea instalației în timpul nopții în poziție inițială (corespunzătoare răsăritului soarelui) vom asigura raport de transmitere mai mare în treapta a 2^a.

De asemenea alegerea numerelor de dinți ai roților din treptele 1 și 2 trebuie să asigure rotirea instalației solare în direcție inversă la schimbarea direcției de rotire a rotorului motorului electric. Acesta se realizează în următoarea combinație. În direcția de lucru:

decî, direcția de rotire a arborelui 60 va fi inversată direcției de rotire a rotorului motorului electric 67.

La schimbarea direcției de rotire a rotorului motorului electric:

direcția de rotire a arborelui 61, care se transmite prin intermediul cuplajului unisens 61 axului 64 și platformei rotitoare 8, va fi inversă direcției de rotire de lucru a instalației solare.

Luăm numerele de dinți ai roților dințate ale treptei a 2^a:

$$Z_{79}=48; Z_{77}=49; Z_{78}=50; Z_{80}=49 \cdot i_{21}=+2401,0.$$

Raportul de transmitere al primei trepte va fi:

$$i_{11} = \frac{2160.000}{2401} = 899,6.$$

Acest raport de transmitere este realizat de roțile dințate cu numerele de dinți:

$$Z_{72}=30; Z_{70}=31; Z_{71}=30; Z_{74}= 29 \cdot i_{11} = - 899,6.$$

Astfel instalația solară este redusă în poziția inițială, corespunzătoare răsăritului soarelui, relativ rapid.

Corectarea mișcărilor de rotație ale instalației solare în plan meridional și latitudinal, necesitatea căreia este generată de schimbarea traiectoriei mișcării soarelui pe parcursul anului calendaristic, este efectuată de un sistem computerizat de comandă.

Instalația solară propusă posedă o serie de avantaje. Ea funcționează în regim automat, fără intervenția operatorului. Ea se pornește în fiecare dimineață la răsărit de soare și funcționează pe parcursul zilei, urmărind soarele, trecând în stare de repaos la asfințitul soarelui, fiind readusă în poziție inițială, corespunzătoare răsăritului soarelui.

Motorul Stirling reprezintă un sistem închis, impact cu gaz (de exemplu hidrogen) care circulă în ea încălzindu-se și răcindu-se consecutiv. Schimbarea presiunii la încălzirea gazului în volum aproape constant mișcă pistoanele care, legate cu multiplicatorul precesional, rotesc rotorul generatorului electric, sau legate cu reductorul precesional rotesc cu viteză redusă arborele mașinii de lucru.

Randamentul total al instalației solare calculat de la razele solare până la energia electrică în rețea depășește 30%.

Aspectul ecologic al instalației solare este asigurat și de materialele utilizate pentru construcția ei, care pot fi ușor reciclate fără a dăuna mediului ambiant.