



(12)

## BREVET DE INVENȚIE

- (21) Nr. cerere: **a 2020 00163**
- (22) Data de depozit: **23/03/2020**
- (45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/02/2024** BOPI nr. **2/2024**

(41) Data publicării cererii:  
**30/09/2021** BOPI nr. **9/2021**

(73) Titular:  
• **MIHALCEA DUMITRU, STR. DONATH  
NR. 17, BL. M2, SC.4, AP. 37, CLUJ  
NAPOCA, CJ, RO**

(72) Inventatori:  
• **MIHALCEA DUMITRU, STR. DONATH  
NR. 17, BL. M2, SC.4, AP. 37, CLUJ  
NAPOCA, CJ, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**US 1169308; US 2461186; G. E. WELCH  
and.Co., "WAVE ROTOR ENCHANCED  
GAS TURBINE ENGINE", 1999; M.  
HĂRCEAGĂ and Co., "WAVE ROTORS,  
TECHNOLOGY AND APPLICATIONS",  
2005**

(54) **MOTOR SONIC CU COMBUSTIE EXTERNĂ ȘI CIRCUIT  
ÎNCHIS, CARE FUNCȚIONEAZĂ CU AER CALD SAU ALTE  
GAZE**



# RO 135245 B1

1            Prezenta invenție se referă la un motor sonic cu combustie externă și circuit închis,  
care funcționează cu aer cald sau alte gaze compresibile [20, 21] și transformă energia  
3 gazului în energie mecanică.

          Este cunoscut motorul pe care Sadi Carnot (1796-1832) l-a făcut public pentru prima  
5 dată, în studiul [22-28] publicat în anul 1824. Acest motor care a rămas o referință, cunoscut  
și sub numele de motorul perfect termodinamic, funcționează după un ciclu termic (ideal)  
7 compus din două procese de compresie și destindere izoterme\*, la care transferul de energie  
între acestea se face prin două procese de compresie și destindere izoentropice (adiabate)\*.

9            Sunt cunoscute motoarele istorice, care au avut ca țintă ipotetică funcționarea după  
ciclul termic ideal, Carnot, revendicate de Robert Stirling (1790-1878) [29, 31], John Ericsson  
11 (1803-1889) [32, 33, 35], Traian Vuia (1872-1950) [11, 21] și alții. La acestea izotermarea  
compresiei și destinderii, este realizată prin procedeul "izotermării induse", fundamentat  
13 teoretic de Ion Pomojnicu (1939) [1,36-38] și Arpad Torok [39], iar transferul de energie între  
agentul de lucru primar (cald, de înaltă presiune) și secundar (rece, de joasă presiune) se  
15 realizează cu ajutorul unui aparat (regenerator\*, recuperator\*), prin schimb termic. Față de  
motorul Carnot acestea prezintă dezavantajul că transferul de energie între cele două  
17 izoterme se face printr-un proces izocor sau izobar, care reduce eficiența motorului.

          Este cunoscută situația contradictorie creată de W.J.M. Rankine (1820-1872) care  
19 atribuie lui John Ericsson [35] numai meritul motorului revendicat în anul 1851. În lucrarea  
"A Manual of the Steam Engine and Other Prime Movers", capitolul 276 "Heat Received and  
21 Rejected at Constant Pressures Joule's Engine" [40] acesta face referire la lucrarea lui  
William Thomson (1824-1907) în care este comentat motorul lui James Prescott Joule la care  
23 sunt folosite încălzitorul și răcitorul astfel încât aerul să primească și să cedeze căldura nu  
la o pereche de izoterme, ci la o pereche de izobare. Din această cauză, primul ciclu termic  
25 al motorului caloric Ericsson [35] compus din două adiabate de compresie și destindere,  
intersectate de două izobare de cedare și primire a căldurii, este cunoscut astăzi sub numele  
27 de ciclul termic Joule- Brayton, deși motorul cu aer, a fost făcut public de James Prescott  
Joule [41] numai în anul 1851, iar motorul cu presiune constantă și combustie internă, a fost  
29 inventat de George Brayton [42, 43] numai în anul 1872. O clarificare a acestei confuzii, din  
punct de vedere istoric o face Sier Robert [45] și din punct de vedere științific Ivo Kolin [46];  
31 primul nu amintește de motorul Joule acesta nefiind de fapt realizat practic, iar al doilea evită  
să atribuie acestui ciclu termic numele de "ciclul termic Joule-Brayton" ci mai degrabă ar fi  
33 înclinat să îi atribuie numele de „ciclul termic Joule-Ericsson”.

          Este cunoscut de asemenea motorul cu piston gândit de George Cayley (1773-1857)  
35 [47-48], care folosește ca agent de lucru gazele rezultate în urma unei combustii, în afara  
cilindrilor compresor și detentor. Astăzi, acest motor poate fi considerat o referință istorică  
37 pentru turbina cu gaze de ardere, larg aplicată în prezent, la a cărei dezvoltare a contribuit  
și Traian Vuia (1925) [49-52]. Principala diferență între acestea este aceea că motorul  
39 Cayley folosește un compresor și detentor cu piston, în timp ce turbina cu gaze de ardere  
folosește un compresor și detentor rotativ, de tipul compresor centrifugal și turbină. Primul  
41 compresor centrifugal a fost studiat și construit în România, de Ion Vlădea (1907-1975) [53]  
și a fost folosit la supraalimentarea motorului de avion IAR-14K IVc32 1000A.

43            La turbina cu gaze, izotermarea compresiei și destinderii se realizează prin  
fragmentare într-un număr de trepte [52-55], o soluție constructivă complexă din punct de  
45 vedere mecanic, inferioară termodinamic și mecanic izotermării induse Pomojnicu [1,36-38],  
aplicată la mașinile cu piston. În forma ei cea mai avansată, turbina cu gaze de ardere poate  
47 funcționa după un ciclu termic „toppizat”, (apropiat de ciclul termic Carnot [22-87], la care  
transferul de energie între izoterme a fost ameliorat cu ajutorul unui recuperator de energie

# RO 135245 B1

termică [56-57], de tip Ericsson [34] sau Vuia [4]. Acest motor prezintă dezavantajul că gazele rezultate din ardere, cu temperatura ridicată, au influențat negativ structura și funcționarea mecanică a turbinei. Din această cauză recuperatorul de energie termică a fost înlocuit cu un schimbător de presiune [59, 60, 88] în care gazul care intră în turbină a fost deja răcit cu ajutorul undelor de expansiune, în rotorul cu unde de presiune.

Acest aparat a fost revendicat de Claude Seippel (1900-1986), în anul 1940 [59, 60, 88]. Conform P. H. Azoury [61] și N. Mueller [62], schimbătorul de presiune este un aparat folosit pentru schimbul direct de energie, fără pierderi, între două curgeri care sunt inițial la niveluri diferite de presiune; un fluid (primar) care se destinde exercitând forțele sale de presiune pentru a comprima un alt fluid (secundar). Limitele de presiune ale compresiei și destinderii nu trebuie să fie egale. Deși acesta poate fi folosit la procesul de compresie și destindere izoentropa din ciclul termic Carnot, nu a fost aplicat deoarece nu au existat specialiști care să abordeze în studiul lor ambele teme: motorul cu combustie externă și schimbătorul de presiune. Astăzi aplicarea acestuia este limitată numai la supraalimentarea motoarelor de automobile [63-70], deși a fost gândit inițial pentru toppizarea ciclului termic al turbinei cu gaze [59, 88].

Prezența undelor de presiune în funcționarea unui motor cu combustie externă de tip Stirling a fost evidențiată în studiile lui T. Finkelstein și A.J. Organ [71-74], în care consideră că, curgerea nestaționară, compresibilă a agentului de lucru, se datorează la cel puțin două fenomene fizice generate la rândul lor de relația dintre distribuția presiunii și debitului, respectiv:

- efecte vâscoase, uneori cunoscute sub numele de disiparea vâscoasă, și;
- efecte acustice care fac ca informațiile despre presiune să se deplaseze la viteza locală a sunetului „a” combinată cu viteza particulelor, „u”. Cu alte cuvinte, o schimbare de presiune inițiată pe o față a pistonului într-o anumită poziție unghiulară a arborelui cotit nu este resimțită la capătul îndepărtat al circuitului de gaz până când arborele cotit nu s-a rotit mai departe.

Condițiile în care apar undele de presiune (sonice) au fost determinate experimental de D. H. Rix [77] (1984), pe un motor Stirling de tip „a”, cu pistoane opuse și prin simulare de A. J. Organ (1982), folosind metoda caracteristicilor. Prin studiile lor (1993, 1997) aceștia au demonstrat că la oscilații ale pistonului de până la 7000/min sunt generate unde de presiune alternante (înainte și înapoi) prin țesătura regeneratoarelor, modificând caracterul schimbului de energie. Aceste studii sunt foarte importante deoarece scot în evidență existența undelor de presiune în funcționarea unui motor cu combustie externă, de tip Stirling. Din păcate aceste studii nu precizează dacă undele de presiune modifică sau nu procesul izobar sau izocor la motoarele de tip Stirling sau Ericsson, de transfer al energiei între izoterme și în ce mod, tind sau nu aceste procese să devină cvasi izoentropice.

Se cunoaște din documentul **US 1169308** un motor cu ardere externă, cu pistoane și circuit închis, brevetat de Traian Vuia, compus dintr-un cilindru a care conține un piston de lucru, un cilindru b în care se deplasează pistonul de compresie, un încălzitor c, un schimbător recuperator e-e<sup>1</sup> și un racitor f. Aerul comprimat, refulat din cilindru de compresie b trece prin tubul exterior al schimbătorului - recuperator e-e<sup>1</sup> și intră în reîncălzitor sau încălzitorul c unde este încălzit la temperatura maximă a ciclului și intră în cilindru de lucru a, deplasând pistonul. Acest cilindru comunică cu încălzitorul c pe parcursul întregii curse a pistonului. La sfârșitul acestei curse de admisie, comunicarea cu încălzitorul c se întrerupe, iar pe perioada cursei de revenire a pistonului, aerul, după ce a traversat tubul central al schimbătorului de caldură-recuperator e-e<sup>1</sup> și de asemenea racitorul f, în cazul în care acesta s-a răcit la temperatura minimă a ciclului, este aspirat în cilindru b al cărui piston îl comprimă prin tubul exterior al schimbătorului de caldură-recuperator e-e<sup>1</sup>, în încălzitorul c.

# RO 135245 B1

1 În documentul **US 2461186**, autorul își propune să maximizeze randamentul unei  
2 turbine cu aer cald și combustie externă. Pentru aceasta într-una din variante schimbătorul  
3 de presiune este poziționat între compresor și turbină, având rotorul colinar cu compresorul  
4 poziționat axial și cu turbina, iar gazele sunt arse într-o cameră externă, aflată în legătură cu  
5 schimbătorul de presiune prin două din gurile alăturate, de acces.

6 Este cunoscut motorul cvasi perfect termodinamic revendicat de A. V. Chrisoghilos  
7 [76-85]. Acesta prezintă dezavantajul că procesul de compresie și destindere declarat  
8 adiabat, se realizează cu ajutorul unui sistem mecanic complex, de tipul cu piston, în realitate  
9 fără posibilitate de izolare termică din cauza construcției mecanice, cu componentele calde  
10 și reci încorporate unele în altele.

11 Este cunoscută și metoda de energizare a aerului comprimat cu care este alimentat  
12 motorul (detentorul) Guy Negre (1941-2016), prin încălzire și creșterea presiunii prin unda  
13 de șoc [86]. Această metodă prezintă dezavantajul că aparatele folosite nu permit o  
14 recuperare a energiei termice iar recuperarea energiei din aerul comprimat evacuat se face  
15 numai intermitent și nu în mod continuu.

16 În continuare se prezintă un exemplu de realizare a motorului sonic, cu combustie  
17 externă și circuit închis, aproape perfect termodinamic care funcționează cu aer cald sau alte  
18 gaze compresibile (toppizat), în legătură și cu fig. 1, care reprezintă schema funcțională a  
19 acestuia.

20 Motorul sonic, cu combustie externă și circuit închis, aproape perfect termodinamic  
21 care funcționează cu aer cald sau alte gaze compresibile, ameliorat (toppizat) conform  
22 invenției, este alcătuit dintr-un cilindru **a** care conține un piston de lucru, un cilindru **h** în care  
23 se deplasează un piston de compresie, un încălzitor **c**, un schimbător de presiune **sp** și un  
24 răcitor **f**.

25 În exemplul prezentat, motorul **a** este unul cu dublu efect. La fiecare capăt al acestuia  
26 sunt prevăzute supapele **t<sub>1a</sub>**, **t<sub>2a</sub>**, **t<sub>3a</sub>** și **t<sub>4a</sub>**, cu funcționarea controlată cu ajutorul unor came,  
27 în care agentul de lucru va acționa pistonul în ambele direcții. Supapele **t<sub>1a</sub>** și **t<sub>3a</sub>** vor controla  
28 curgerea agentului de lucru dinspre încălzitorul **c**, iar supapele **t<sub>2a</sub>** și **t<sub>4a</sub>** curgerea spre  
29 schimbătorul de presiune **sp**.

30 Tot de tipul dublu efect este și compresorul **b** al cărui diametru este mai mic decât  
31 cel al cilindrului-motor. La fiecare capăt al acestuia s-au prevăzut supapele **t<sub>1b</sub>**, **t<sub>3b</sub>**, **t<sub>2b</sub>**, **t<sub>4b</sub>**, cu  
32 auto-închidere și deschidere (automate) care controlează admisia și refularea agentului de  
33 lucru. Supapele **t<sub>1b</sub>** și **t<sub>3b</sub>** vor controla aspirația agentului de lucru dinspre răcitorul **f**, iar  
34 supapele **t<sub>2b</sub>** și **t<sub>4b</sub>** descărcarea acestuia spre încălzitorul **c**. La rândul lui răcitorul **f** este pus  
35 în legătură cu schimbătorul **sp** printr-o conductă separată.

36 Prin curgerea agentului de lucru dinspre încălzitorul **c**, în spatele pistonului **a**, aflat  
37 în poziția superioară, acesta este deplasat în jos, în același timp aerul din fața acestuia  
38 ajunge în schimbătorul de presiune **sp** și apoi în răcitorul **f**, și din acesta în spatele pistonului  
39 **b**, în timp ce prin mișcarea ascendentă a acestui piston, agentul de lucru situat în fața lui  
40 este condus prin schimbătorul de presiune **sp**, după care în încălzitorul **c**; un proces  
41 asemănător are loc prin revenirea în poziția inițială, în timpul cursei ascendente a pistonului  
42 **a**. În această secvență a funcționării, în schimbătorul de presiune **sp** are loc un schimb de  
43 energie adiabat (izoentrop) între agentul de lucru care s-a destins parțial în cilindru de lucru  
44 și acela comprimat în cilindru-compresor.

45 Sincronizarea funcționării este realizată astfel că în timp ce pistonul motorului **a**  
46 coboară și pistonul compresorului **b** se ridică, supapele **t<sub>1a</sub>**, **t<sub>4a</sub>**, **t<sub>3b</sub>**, **t<sub>2b</sub>** sunt deschise, iar  
47 celelalte supape sunt închise; în timpul mișcării inverse a pistonului, supapele **t<sub>3a</sub>**, **t<sub>2a</sub>**, **t<sub>1b</sub>**, **t<sub>4b</sub>**  
sunt deschise și celelalte supape sunt închise.

# RO 135245 B1

În modul cel mai simplu, fără pretenția de a asigura eficiența maximă, sincronizarea funcționării motorului **a** cu aceea a compresorului **b** se poate face cu ajutorul unui arbore cotit, comun cu manivelele dispuse la 180 grade, sau cu ambii cilindri într-o construcție coaxială. În altă variantă, în locul transmisiei mecanice rigide prin arbore cotit, sau co-axiale, practică la motoarele istorice, se poate folosi o transmisie elastică, cu ajutorul unei curele de transmisie dințate. Cu ajutorul acesteia se va putea antrena și schimbătorul de presiune, sau cama (arboarele cu came) folosit la controlul funcționării supapelor motorului **a**.

Sincronizarea este astfel realizată încât cilindrul de lucru **a**, pe cât posibil va comunica cu încălzitorul **c** pe parcursul întregii curse a pistonului (pe parcursul întregului proces de destindere din motorul **a**). La sfârșitul acestei curse de admisie, comunicarea cu încălzitorul **c** se întrerupe iar pe perioada cursei de revenire a pistonului, agentul de lucru după ce a traversat schimbătorul de presiune **sp** și în continuare răcitorul **f**, este aspirat în cilindrul **b** al cărui piston îl comprimă din nou prin schimbătorul de presiune **sp** în încălzitorul **c** unde se încălzește până la temperatura maximă a ciclului.

Cilindrii care sunt unul motor și celălalt compresor, pot fi de diametre diferite sau egale. În primul caz, ciclul închis nu dă nici destindere pe parcursul perioadei motrice, cursa mișcării efectuându-se în plină admisie, nici compresie pe parcursul refulării; în al doilea caz, perioada motrice nu include destinderea, dar pe perioada refulării cuprinde o comprimare care reduce eficiența motorului. La motorul care face obiectul acestei invenții cilindrul **b** are un diametru mai mic decât al cilindrului **a** și din practica motoarelor istorice, volumul activ al compresorului trebuie să fie de trei ori mai mic decât volumul activ al motorului [90]. Același rezultat se obține și în cazul în care cilindrii au același diametru, dar cursa pistonului **b** este mai mică decât cursa pistonului **a**, procedeu care poate fi aplicat numai la motoarele cu arbore cotit și manetoane diferite. Dacă motorul și compresorul au acționare independentă, sincronizarea se poate realiza prin controlul turației unuia dintre.

Întreaga instalație este închisă și conține o anumită cantitate de agent de lucru la presiune înaltă care în timpul funcționării, va fi încălzit la 500°C, și răcit la 20°C.

Puterea de ieșire a motorului este controlată [90] prin modificarea temporizării supapelor, sau prin utilizarea unor camere auxiliare, cum ar fi rezervorul **r**, și modificarea masei de gaz de lucru din circuit.

Aparatul schimbător de presiune, cunoscut și sub numele de “Rotor cu unde de presiune - (*Wave pressure rotor*)” folosește conceptul transferului cvasi adiabatic (cvasi entropie, dacă vorbim de procesul ideal) a energiei între fluidele aflate în contact direct, cu parametrii de stare diferiți, respectiv [62], un exemplu fiind schimbul de energie între agentul de lucru încărcat cu energia reziduală, rezultat în urma destinderii în motor și agentul de lucru de înaltă presiune descărcat din compresor. Pentru aceasta, aparatul trebuie să fie racordat la cele două circuite. Nu face obiectul prezentei descrieri construcția schimbătorului de presiune, esențială fiind construcția rotorului care poate fi gândită pentru curgerea celor doi curenți de agent de lucru în echicurent sau contracurent și cu unul sau mai multe rânduri de canale (celule). În afară de acționarea directă de către motorul **a**, antrenarea rotorului se poate face și cu ajutorul unui motor pneumatic încorporat, sau prin dispunerea înclinată a canalelor, sau din exterior cu ajutorul unui motor electric cu funcționare sincronizată cu aceea a motorului **a**.

Răcitorul **r** poate fi o serpentină imersată într-un lichid care este răcit sau împropătat prin metodele obișnuite. Acesta poate consta de asemenea dintr-un fascicol de tuburi răcite cu aer, cunoscut și sub numele de răcitor de aer, similar cu condensatorul folosit la instalațiile frigorifice.

# RO 135245 B1

1 Încălzitorul **c** poate fi unul care folosește ca sursa un combustibil fosil sau energia  
solară. Deoarece tendința va fi de energizare a agentului de lucru prin creșterea presiunii și  
3 temperaturii, construcția încălzitorului va trebui să permită acest lucru, fiind cel mai solicitat  
ansamblu, din punct de vedere mecanic și termic. În acest scop poate fi folosit chiar unul  
5 dintre generatoarele de aburi de înaltă presiune, inventate de Traian Vuia, care au fost  
revendicate prin mai mult de zece (10) brevete de invenție [91].

7 Completarea agentului de lucru pierdut prin neetanșeități se va face cu ajutorul unui  
compresor auxiliar care trimite aerul comprimat într-un rezervor tampon (buffer), sau în cazul  
9 în care acesta nu există, în încălzitor, de îndată ce presiunea scade sub limita dorită sau  
prestabilită.

11 Problema tehnică care o rezolvă invenția este aceea că motorul revendicat să poată  
funcționa după un ciclu termic apropiat de ciclul termic ideal Carnot, prin ameliorarea  
13 procesului de transfer al energiei între agentul de lucru rezultat în urma procesului de  
destindere și agentul de lucru procesat în compresor. În continuare este prezentată o  
15 descriere a teoriei care fundamentează funcționarea acestui motor.

17 Astfel, în acest caz, ecuația energetică a mecanismului bazat pe dinamica fluidelor,  
responsabil de transferul de energie, este exprimată în următoarea formă diferențială, [87].

$$19 \quad \frac{Dh_o}{Dt} = \frac{-1}{\rho} \nabla \cdot \bar{q} + \frac{1}{\rho} \bar{f} \cdot \bar{V} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial t}$$

21 unde:

23  $h_o$  - entalpia totală, (J/kg);

$\rho$  - densitatea fluidului, (kg/m<sup>3</sup>);

25  $\bar{q}$  - fluxul de transfer termic, (W/m<sup>2</sup>);

$\bar{V}$  - viteza particulei de fluid, (m/s);

27  $p$  - presiunea statică, (N/m<sup>2</sup>);

$\bar{f}$  - coeficient;

$t$  - timp.

29 Partea stângă a ecuației exprimă rata netă de energie obținută de o particulă fluidă,  
în unitatea de timp, iar în partea dreaptă primul termen exprimă transferul de energie prin  
31 transfer de căldură, al doilea transferul de energie prin forțele de forfecare și amestec  
turbionar, iar al treilea este transferul de energie prin acțiunea forțelor de presiune (schimbul  
33 de presiune). În condițiile în care la motoarele opozabile care lucrează după ciclul termic  
Stirling și Ericsson-Vuia schimbul de energie în recuperator (regenerator) se limitează numai  
35 la un schimb termic, iar la motorul Pomojnicu - Chrisoghilos care lucrează după ciclul cvasi -  
Carnot\* are loc un schimb cvasi total de energie, putem trage concluzia că diferența între  
37 acestea o face transferul de energie prin intermediul forțelor de presiune. Astfel, pentru ca  
transferul de energie să fie unul care să genereze eficiența, ar trebui ca aparatul recuperator  
39 (regenerator) folosit să asigure nu numai un schimb termic ci și un schimb de presiune cu  
ajutorul unui aparat care să permită și transferul de energie prin acțiunea forțelor de  
41 presiune [87].

43 Motorul sonic, cu combustie externă și circuit închis, aproape perfect termodinamic  
care funcționează cu aer cald sau alte gaze, rezolvă problema tehnică și înlătură dezavan-  
45 tajele menționate mai sus prin aceea că folosește un "schimbător de presiune" care va  
ameliora transferul de energie prin acțiunea forțelor de presiune [87], între agentul de lucru  
47 primar (cald, de înaltă presiune) și secundar (rece, de joasă presiune). Pentru evidențierea  
acestuia l-am numit "recuperator de energie sonic" deoarece utilizează undele de șoc [58],  
49 pentru un schimb de presiune dinamic și în funcționarea lui se bazează pe generarea de  
unde sonice de compresie și destindere.

# RO 135245 B1

Acesta asigură în principal un transfer de energie prin acțiunea forțelor de presiune și în mai mică măsură un schimb termic între cele două medii de lucru, fără să aibe loc un amestec a acestora. 1  
3

În schimbătorul de presiune energia este transferată între două curgeri ale unui fluid aflat în stare de gaz, prin scurt contact direct, în canalele de curgere ale rotorului, numite și celule [90]. În aceste canale are loc fenomenul fizic prin care, dacă două fluide de presiuni diferite sunt aduse în contact direct, presiunea de echilibru se atinge mai repede decât în cazul amestecului. Astfel în schimbătorul de presiune sunt generate unde de șoc instabile care produc curgeri stabile de gaz, presiunea fluxului de ieșire putând fi mai mare decât cea a fluxului de intrare. Undele de compresie și destindere sunt inițiate în canalele rotorului prin rotația acestuia și realizarea unei legături hidraulice între capetele canalelor și deschiderile din plăcile de capăt staționare. Spre deosebire de curentul uniform de curgere dintr-un motor, cum ar fi motorul Pomojnicu-Chrisoghilos, în care compresia sau destinderea se realizează în spații diferite, în cazul schimbătorului de presiune, ambele procese se dezvoltă în același spațiu. 5  
7  
9  
11  
13  
15

Rotoarele cu unde de presiune [67] nu folosesc componente mecanice precum pistoane sau palete pentru a comprima fluidul, creșterea presiunii obținându-se prin generarea de unde de compresie în geometrii adecvate. S-a demonstrat ca pentru aceleași numere Mach de intrare și ieșire, presiunea câștigată în dispozitivele de curenți dependenți de timp, poate fi mai mare decât în dispozitivele cu curenți stabili [69]. În prezent mașinile cu unde de presiune [68] sunt folosite la supraalimentarea motoarelor cu ardere internă [90], sau pentru toppizarea funcționării turbinelor cu gaz. Sunt folosite și la instalațiile hidraulice unde agenții de lucru sunt în stare lichidă. 17  
19  
21  
23

Motorul sonic, cu combustie externă și circuit închis, care funcționează cu aer cald sau alte gaze compresibile, conform invenției, prezintă avantajul că face posibilă funcționarea acestuia cu eficiență maximă, după un ciclu termic apropiat de ciclul termic al motorului perfect termodinamic Carnot, la care procesele de transfer a energiei între izoterme sunt adiabate (cvasi izoentropice)\*,[60]. 25  
27

Un alt avantaj important care îmbunătățește eficiența motorului conform invenției este acela că prin folosirea schimbătorului de presiune se poate mări mai mult temperatura de încălzire [62, 91] deoarece gazul care intră în cilindrul motor a fost deja răcit de undele de destindere, în schimbătorul de presiune. Deoarece adaosul de căldură are loc la presiune și temperatură ridicate, cât și datorită faptului că lucrul mecanic de destindere și comprimare în rotorul cu unde de presiune este egal, presiunea totală în motorului toppizat depășește cu 15-20% aceea a motorului netoppizat. Aceasta în condițiile în care aportul de energie din exterior (solară sau de orice alt fel) este mai mic, iar lucrul mecanic realizat de cilindrul detentor (de lucru) este mai mare decât la un motor netoppizat [60]. 29  
31  
33  
35  
37

Dacă ne referim la fabricația acestui motor, avantajul față de motoarele similare construite în prezent, ar fi acela că poate fi realizat la scară industrială, folosindu-se componente ușor modificate, aflate în fabricația de serie din domeniul aparatelor din industria frigorifică sau auto, care nu mai ridică probleme tehnologice și de fiabilitate. Fiind un aparat cu piese în mișcare, aparent schimbătorul de presiune ar putea crea probleme de întreținere, în realitate acesta prezintă avantajul că funcționează ca un rulment hidrodinamic datorită ungerii hidrodinamice cu gazul sub presiune care se află în canalele rotorului. 39  
41  
43

Motorul toppizat conform invenției va fi mai compact decât motoarele opozabile, cu construcția în tandem. 45

47

# RO 135245 B1

1 \*Note explicative pentru termenii tehnici specifici folosiți.

3	Ciclul termic cvasi - Carnot	Ciclu termic apropiat de ciclul termic de funcționare a motorului Carnot, cunoscut și sub numele de motor perfect termodinamic
5	Izotermat	Procedeu de menținere la temperatura constantă a unui proces termic, cum ar fi compresia sau destinderea izotermă a unui gaz
7	Adiabat versus izoentrop [89]	În termodinamică, un proces izoentrop este un proces termodinamic ideal, care este atât adiabatic, cât și reversibil. Transferul lucrului mecanic în acest sistem are loc fără frecare și nu există un transfer net de căldură sau materie. Un astfel de proces ideal este util în inginerie ca model și bază de referință (comparație) pentru procesele reale. Un proces izoentrop are loc fără modificarea entropiei sistemului, iar un proces adiabatic este un proces termodinamic în care căldura nu este nici pierdută, nici câștigată de sistemul termodinamic. Deci un proces izoentrop este un tip de proces adiabatic. Principala diferență dintre izoentrop și adiabat este că izoentrop înseamnă entropie constantă, în timp ce adiabatic înseamnă energie termică constantă.
19	Proces termic de entropie minima (adiabat)	Transformarea care are loc într-un sistem izolat termic, fără schimb de căldură cu exteriorul. În general, un proces care se petrece destul de repede față de viteza cu care are loc schimbul de căldură, poate fi considerat adiabatic, chiar dacă izolarea termică față de mediul exterior nu este perfectă, de exemplu: propagarea undelor prin gaze. Un exemplu de astfel de aparat ar putea fi schimbătorul de presiune.
25	Toppizat	Termen derivat din cuvântul englez "top", sinonim cu cuvântul românesc "vârfire", neutilizat.
27	Energizare	Creșterea potențialului energetic a unui mediu de lucru prin diferite metode, de exemplu prin creșterea presiunii (presurizare), sau creșterea temperaturii (încălzire) sau ambelor (energizare).
29	Schimbător de presiune; rotor cu unde de presiune; wave pressure rotor; recuperator sonic	Aparat folosit pentru transferul de energie prin acțiunea forțelor de presiune între un agent de lucru primar (cald, de înaltă presiune) și unul secundar (rece, de joasă presiune). Este numit și "rotor cu unde de presiune" sau "recuperator sonic" deoarece funcționarea se bazează pe generarea de unde sonice de compresie și destindere. Acesta asigură în principal transferul de energie prin acțiunea forțelor de presiune și în mai mică măsură un transfer de energie termică prin schimb termic între cele două medii de lucru aflate în contact direct.
37	Motor sonic	Motor echipat cu recuperator sonic
39	Regenerator	Aparat folosit pentru schimbul termic, între doi agenți aflați în curgere alternativă și intermitentă.
41	Recuperator	Aparat folosit pentru schimbul termic între doi agenți aflați în curgere permanentă.

## 43 Bibliografie:

45 1. Mihalcea, D. (2013) *"Motorul Pomojnicu - Chrisoghilos, cu combustie externă, aproape perfect termodinamic"*, Editura MidoPrint, Cluj Napoca 2013, ISBN 978-606-8379-05-04. CIP 621.412 (ediția revizuita Cluj Napoca 2017, ISBN 978-973-0-22980-6).



# RO 135245 B1

2. Mihalcea, D. (2016) "*Motorul Vuia, cvasi perfect termodinamic, cu aer cald și circuit închis*", Prelegere ținută la Academia Română - Secția de Științe tehnice cu ocazia simpozionul "110 ani de la istoricul zbor a lui Traian Vuia", București, 8 aprilie 2016. 1
3. Mihalcea, D. (2016), "*Engine Vuia, Quasi-Perfect Thermodynamic, with Hot Air and Closed Circuit*", Conferința 1SEC 2016, din 24-26 august 2016, Northumbria University, Newcastle, UK, organizată cu ocazia aniversării a 200 de ani de la publicarea de către Robert Stirling a invenției GB 4081 "*Improvements for diminishing the consumption of fuel and in particular an engine capable of being applied to the moving (of) machinery on a principle entirely new*". 3
4. Mihalcea, D. (2016) "TRAIAN VUIA - Inventatorul motorului cu aer cald și circuit închis", Cluj Napoca, 2017. ISBN 978-973-0-22980-6 înregistrată în anul 2016, sub același ISBN cu titlul "*Constructorul Primului Motor cu Aer Cald și Circuit închis, Cvasi-Perfect Termodinamic, de Presiune înaltă*", Cluj Napoca 2016. 5
5. Mihalcea, D. (2016) "*TRAIAN VUIA - Integrala Invențiilor Revendicate pentru Motorul cu Aer Cald și Circuit închis*", Cluj Napoca, ISBN 978-973-0-22981-3 7
6. Mihalcea, D. (2016) "*MOTOARELE ERICSSON JOULE, BRAYTON, VUIA: Confuzie, Paralelism, sau Noutate*", Manuscris, Cluj Napoca 2016. 9
8. Mihalcea, D. (sep. 2017) "*TRAIAN VUIA - Studiu pentru reconstruirea motorului Vuia, cu aer cald și circuit închis*", Cluj Napoca 2017, ISBN 978-973-0-25472-3. 11
9. Mihalcea D. (2017) "*Motorul Sonic Vuia*", Cluj Napoca 2017. 13
10. Mihalcea, D. (May - August 2018; "*Hot air engine developed and patented by Traian Vuia, a Romanian performance for 21st century*", Romanian journal of technical sciences applied mechanics, Vol. 63, N° 3, P. 253-275, Bucharest. 15
11. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția BE 205.058, "*Moteur à air chaud à cycle fermé*" - Ap. D. 06 Jan. 1908, Ace. D. 31 Jan. 1908. 17
12. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția FR 395.754, "*Moteur a air chaud, a cycle ferme*", Ap.D. 28 Oct. 1908, Ace. D 17 March 1909 19
13. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția BE 211 606 , "*Moteur à air chaud à cycle fermé*" - Brevet de perfectionnement pour brevet principale BE 205.058- Ap.D 30 Oct.1908, Ace. D 16 Nov. 1908. 21
14. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția DE, "*Heisluftmaschinenanlage*", Ap.D. 04 Dez. 1908. 23
15. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția AU, "*Heisluftmaschinenanlage*", Ap.D. 07 Dez. 1908. 25
16. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția CH 48145, "*Heisluftmaschinenanlage*", Ap.D. 09 Dez. 1908, Acc.D. 16 Sept. 1910. 27
17. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția GB 27,0339, "*An improved system of hot air engine with closed circuit*", Ap.D. 12 Dec. 1908, Acc.D. 13 Dec. 1909. 29
18. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția HU47071, "*Zart korfolyammal biro hologicsep*", Ap.D 18 Dec. 1908, Acc.D 19 Nov. 1909. 31
19. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția CA 1.183 76, "*Systems of hot air engine with closed circuit*", Ap.D. 8 Jan. 1909, Acc.D. 18 May 1909. 33
20. VUIA Trajan, Brevetul pentru invenția US 1,169,308, "*Hot-Air Engine with Closed Circuit*", Ap.D. 06 Jan. 1909, Acc.D. 25 Jan. 1916. 35
21. Dosarul aplicației pentru propunerea de invenție US 1,169,308, "*Hot-Air Engine with Closed Circuit*", National Archives at Kansas City, 1909-1915. 37
22. Carnot, S. "*Reflections sur la puissance motrice du feu sur les machines propres a développer cette puissance*", Librairie Chez Bachelier, Paris, (1824). 39

# RO 135245 B1

- 1           23. Thomson, William (Lord Kelvin, *"An Account of Carnot's Theory of the Motive*  
2           *Power of Heat - with Numerical Results Deduced from Regnault's Experiments on Steam.*",  
3           Transactions of the Edinburgh Royal Society, XVI. January 2, (1849).  
4           24. Carnot, S. *"Reflections on the Motive Power of Heat"*, editată prin grija lui R. H.,  
5           Thurston, New York, John Wiley & Sons. (1897).  
6           25. Thomson, W. *"An Account of Carnot's Theory of the Motive Power of Heat"*,  
7           Editată prin grija lui R. H., Thurston, New York, John Wiley & Sons. (1897).  
8           26. Diesel Guémez, J. Fiolhais, C. și Fiolhaisc, M. (2002), *"Sadi Carnot on Carnot's*  
9           *theorem"*, American Journal of Physic, nr.70 (1).  
10          27. Guémez, J. Fiolhais, C. și Fiolhaisc, M. (2002), *"Sadi Carnot on Carnot's*  
11          *theorem"*, American Journal of Physic, nr.70 (1).  
12          28. Thoma, Jean, *"Entropy as thermal charge: an application of bond graphs inspired*  
13          *by Carnot and his cycle"* Zug-Geneva, 2009.  
14          29. Stirling Robert, Brevetul pentru invenția GB 4081 *"Improvements for diminishing*  
15          *the consumption offuel and in particular an engine capable of being applied to the moving*  
16          *(of) machinery on a principle entirely new"*, publicat pentru prima data in The Engineer, Dec.  
17          14, 1917, p. 516 - Part 2 - The Air Engine.  
18          30. Stirling R. și Stirling, J., Brevetul pentru invenția GB 5456, *"Improvements in air*  
19          *engines for moving machinery"*, (First Stirling engine) A.D. 1827.  
20          31. Stirling, R. și Stirling, J., Brevetul pentru invenția GB 8652 *"Certain improvements*  
21          *in air-engines"* (third Stirling engine). A.D. 1840.  
22          32. Ericsson, J. si Braithwaite, J., Brevetul pentru invenția UK 5763, *"Mode or method*  
23          *of converting Liquids into vapour or steam"*, 31 ian. 1829.  
24          33. Ericsson, J. Brevetul pentru invenția GB 6409, *"Air Engines"*, Ap.D. 4 Apr.1833.  
25          34. Ericsson, J., Brevetul pentru invenția US 6,255, *"Surface condenser"*, 1849.  
26          35. Ericsson, J., Brevetul pentru invenția US 8,481, *"Engine for Producing Motive*  
27          *Power - Improvement in Air - Engine"*, Ap.D. 4 Nov. 1851.  
28          36. Pomojnicu, I., *"Caiete de lucru"*, Elaborate în perioada 1970-1980.  
29          37. Pomojnicu, I., *"Teoria termodinamică a ciclului termic Pomojnicu"*, Manuscris  
30          ediția 1982, actualizat în 2010.  
31          38. Pomojnicu, I. (2015), *"Izotermarea indusă"*, Manuscris 18 martie 2015.  
32          39. Torok, A., Brevetul pentru invenția RO 128840 *"Procedee pentru micșorarea*  
33          *exponentului politropic"*, publicat în anul 2013.  
34          40. Rankine, W.J.M. *"A Manual of the Steam Engine and Other Prime Movers"*,  
35          London and Glasgow Richard Griffin and Company, Publisher to the University of Glasgow,  
36          1859.  
37          41. Joule, J. P. *"On the Air-Engine"*, In Proceedings of the Royal Society of London;  
38          Philosophical Transactions of the Royal Society, June 19, 1851. Publisher: Royal Society of  
39          London.  
40          42. Brayton, G.B., Brevetul pentru invenția US 125,166, *"Improvement in a*  
41          *Gas-Engine"*, Ac.D. 2 Apr. 1872.  
42          43. Brayton, GB., Brevetul pentru invenția US 151,468, *"Gas-Engine"*, Ac.D. Iunie  
43          1874.  
44          44. George Cayley, *"Description of an Engine for affording Mechanical Power from*  
45          *Air Expanded by Heat"*, Nicholson Philosophy Journal, vol. XVIII,, pag. 260, 1807.  
46          45. Sier Robert, *"Hot Air - Caloric and Stirling engines - Volume one - History"*, L. A.  
47          Maier 1999.

# RO 135245 B1

46. Ivo Kolin, *"The evolution of heat engine"*, Moriya Press 1999, pag.73, Cayley - Buckett internal combustion engine. 1
47. Giovanni Turco *"The free piston Cayley engine"*, <http://heatenginescience.blogspot.com/2012/02/free-piston-cayley-engine-episode-01.html> Padova, 2012. 3
48. Bryan Lawton, *"Sir George Cayley's Hot Air Engine, 1837"*, Newcomen Society - The Piston Engine Revolution. Oct. 25th, 2018. 5
49. *"Turbina cu gaze"*, [https://ro.wikipedia.org/wiki/\\_Turbina\\_cu\\_gaze](https://ro.wikipedia.org/wiki/_Turbina_cu_gaze). 7
50. Traian Vuia, "Scrisoarea adresată lui Caius Brediceanu, 1925. 7
51. Dan Antoniu, Ioan Buiu, Dan Hadârcă, Radu Homescu și George Cicoș, *"TRAIAN VUIA - Viața și opera"*, editura ANIMA București, 2013. 9
52. Traian Vuia, Planșa nr. 12949, *"Groupe Turbo Reducteur pour Avion"*, 13 feb. 1940, <https://bibliacad.ro/Vuia.htm>. 11
53. Vlădeș Ion (1962), *"Manual de Termotehnică"*, Editura Didactică și Pedagogică, București. 13
54. Popa, Bazil (1986) ,*"Manualul inginerului termotehnician"* (MIT), vol. 2 (ed. Ed. a 2-a). București: Editura Tehnică. 15
55. Theil, Helmut (1972), *"Termotehnică și mașini termice"*, Litografia Univ. „Politehnica”, Timișoara. 17
56. Pouria Ahmadi, Ibrahim Dincer, Marc A. Rosen, "Exergo-environmental analysis of an integrated organic Rankine cycle for trigeneration" (Energy Conversion and Management 64 (2012) 447- 453. 19
57. Barzegar H, Ahmadi P, Ghaffarizadeh AR, Saidi MH., *"Thermo-economic environmental multi-objective optimization of a gas turbine power plant with preheater using evolutionary algorithm"*, International Journal of Energy Research, 2011; 35(5):389-403. 21
58. Dumitrescu L, (1969), *"Cercetări în tuburile de șoc"*, Editura Academiei, București. 23
59. Meyer, A., *"Recent Developments in Gas Turbines"*, Mech. Eng., vol. 69, no. 4, Apr. 1947, p. 273-277. 25
60. Gerard E. Welch, Daniel E. Paxson, Jack Wilson, Philip H. Snyder, *"Wave-Rotor-Enhanced Gas Turbine Engine Demonstrator"*, Prepared at NASA for the Gas Turbine 22 dec. 1925 Operation and Technology for Land, Sea and Air Propulsion and Power Systems Symposium sponsored by The North Atlantic Treaty Organization's Research and Technology Organization Ottawa, Canada, October 1 & 21,1999. 27
61. P. H. Azoury, *"An Introduction to the Dynamic Pressure Exchanger"*, Proc Instn Mech Engrs 1965-1966, Vol 180 Pt 1 No 18,1 Downloaded from <journals.sagepub.com>, at Pennsylvania State University, May 10, 2016. 29
62. Pezhman Akbari, Razi Nahm, Norbert Mueller *"A Review of Wave Rotor Technology and Its Applications"*, Journal of Engineering for Gas Turbines and Power OCTOBER 2006, Vol. 128/717-735. 31
63. Kollbrunner, T.A., *"Complex R Supercharging for Passenger Diesel Car Engines"*, SAE Paper 800884,1981. 33
64. Hitomi, M.; Yuzuriha, Y. and Tanaka, K., *"The Characteristics of Pressure Wave Supercharged Small Diesel Engine"*, SAE Paper 890454, 1989. 35
65. Fatsis Antonios, *"Regenerated Turbohaft Engines for Ground Power Plants, Topped with Four-Port Wave Rotors"*, International Journal of Engineering Research & Technology, ISSN: 2278-0181, Vol. 5 Issue 09, September-2016. 37
66. Hirceaga, M. Iancu, F. Muller, N. (2005), *"Wave rotors technology and applications"*,The 11th International Conference on Vibration Engineering, Timișoara, Romania, September 27-30. 39

# RO 135245 B1

- 1           67. Iancu, F. Piechna, J. Müller, N. (2005), "*Numerical Solutions for Ultra-Micro Wave Rotors ( $U_{\mu}WR$ )*", American Institute of Aeronautics and Astronautic.
- 3           68. Spring, P. Onder, C.H. Guzzella, L., (2007) EGR control of pressure-wave supercharged IC engines. *Control Engineering Practice* 15, 1520-1532
- 5           69. Weber, F. Guzzella, L. Onder, C., (2002), "*Modeling of a pressure wave supercharger including external exhaust gas recirculation*", *IMECHE Journal of Automobile Engineering*, 216(D3), 217-235.
- 7           70. Hiereth, H., (1989), "*Car Tests With a Free-Running Pressure-Wave Charger-A Study for an Advanced Supercharging System*", SAE Paper 890 453. 10 Welch, G. E, 2000, "*Overview of Wave-Rotor Technology for Gas Turbine Engine Topping Cycles*", *Novel Aero Propulsion Systems International Symposium*, The Institution of Mechanical Engineers, London, pp. 2-17.
- 9           71. Organ, Allan J., (1992), "*Thermodynamics and Gas Dynamics of the Stirling Cycle Machine*", Cambridge University Press.
- 11          72. Allan J. Organ "*The Regenerator and the Stirling Engine*" Wiley Blackwell (1 Jan 1997) ISBN-10: 1860580106, ISBN-13: 978-1860580109.
- 13          73. Theodor Finkelstein, Allan J Organ, "*Air Engines: The History, Science, and Reality of the Perfect Engine*", Publisher: ASME Press (American Society of Mechanical Engineers); 1 edition September 1, 2001, Cap 10.3 Pressure and flowrate, pag 152-155.
- 15          74. A.J. Organ (2008), "*Why Air?*" ([http://web.me.com/allan.j.o/Communicable\\_Insight/Why\\_air.html](http://web.me.com/allan.j.o/Communicable_Insight/Why_air.html)).
- 17          75. Rix, D.H. (1984), "*An enquiry into gas process asymmetry in the Stirling cycle machine*", PhD dissertation, Engineering Department, University of Cambridge.
- 19          76. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția BR 8108832-1980, "*Processo e maquina para a obtencao da transformacao quase isotermica nos processus de compressao ou de expansao de gas*".
- 21          77. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția JPS 57501789 - 1980.
- 23          78. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția SU 1386038 - 1980 „*Sposob kvasiizotermiceskovo preobrazovania prisjatin i rassirenii gaza i teplovaia mašina dlea ego osusestvlenia*".
- 25          79. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția WO 8201220 - 1980, "*Procede et machine pour l'obtention de la transformation quasi isotherme dans les processus de compression ou de detente de gaz*".
- 27          80. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția RO 77965 - 1980, „*Procedeu și mașină pentru obținerea transformării cvasi izotermice în procesele de comprimare sau extindere a gazelor*".
- 29          81. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția EP 0062043 - 1980, „*Procede et machine pour l'obtention de la transformation quasi isotherme dans les processus de compression ou de detente de gaz*".
- 31          82. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția DE 31 71813.2, - 1981 „*Verfahren und Machine zur Durchfuerung einer Quasi Isothermischen Zustandsaenderung bei Gaskompressions oder Expansionsvorgaengen*".
- 33          83. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția US 4,502,284 - 1981, "*Method and engine for the obtainment of quasi isothermal transformation in gas compression and expansion*".
- 35          84. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția CA 1203693 -1982, „*Procede et machine pour l'obtention de la transformation quasi isotherme dans les processus de compression ou de detente de gaz*".
- 37
- 39
- 41
- 43
- 45
- 47

# RO 135245 B1

85. Chrisoghilos V.A. Brevetul pentru invenția IT 1150789 -1982, „*Procedimento e apparecchiatura per l'ottenimento di una trasformazione quasi isoterma nel processo di compressione e espansione di gas*”. 1  
3
86. Negre, G. Negre, C. Brevetul pentru invenția US 006,334,435 B1, “*Method for operating pollution-free engine expansion chamber and expansion chamber therefore*”, publicat în anul 2002. 5
87. A. K. Ababneha,\*, CA. Garrisb, A.M. Jawarneha, H. Tlilana, “*Investigation of the Mach Number Effects on Fluid-to-Fluid Interaction in an Unsteady Ejector with a Radial-Flow Diffuser*”, Jordan Journal of Mechanical and Industrial Engineering, Vol.3, Nr.2, June, 2009, PP. 131-140. 7  
9
88. C. Seipel, Brevetul pentru invenția US 2,461,186, “*Gas turbine installation*”, publicat în anul 1949. 11
89. <https://sirs4quality.org/hu/difference-between-adiabatic-and-vs-isentropic-processes>, Az izentrópikus és az adiabatikus különbség, 2011, szeptember 19. 13
90. W.Bush, Patent US 3,708,979A - 1973, “*Circuital flow hot gas engines*”. 15
91. Traian Vuia, Brevetul de invenție RO 23494-1934, “*Perfecționări în sau relative la generatorii de aburi*”. 17
92. C. Vasilescu, V. Pimsner, “*Supraalimentarea motoarelor Diesel*”, Editura Tehnică, București 1965. 19

# RO 135245 B1

1

## Revendicare

3

Motor sonic, cu combustie externă și circuit închis, care funcționează cu aer cald sau alte gaze după un ciclu termic apropiat de ciclul termic al motorului perfect termodinamic

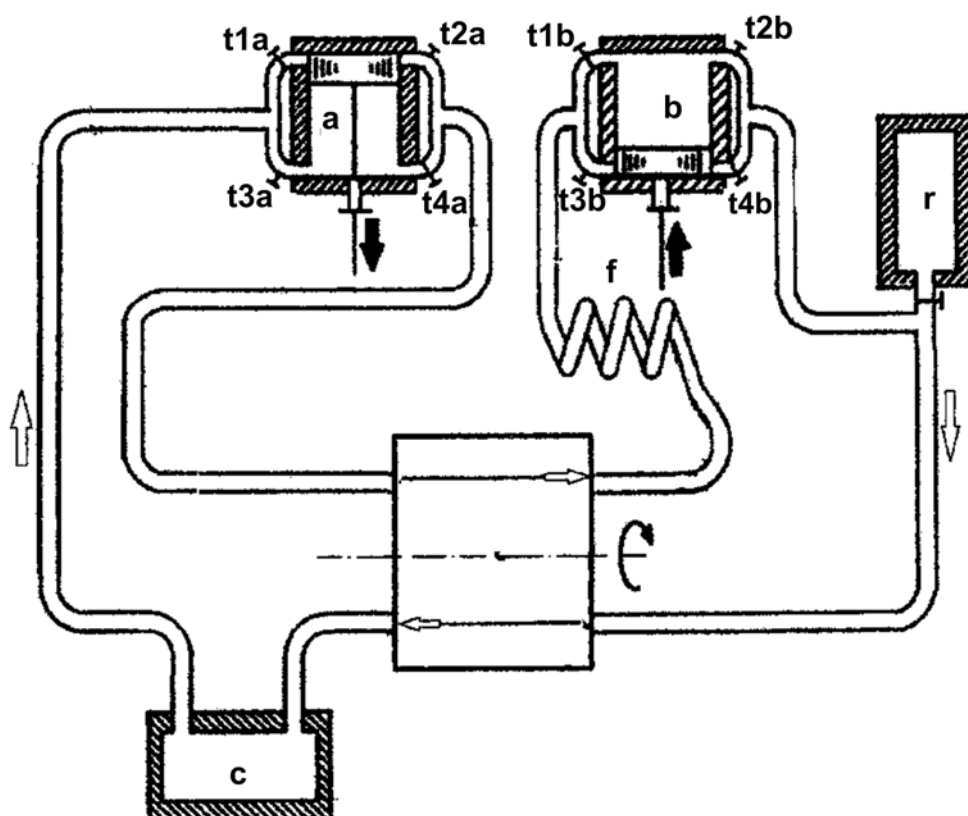
5

Carnot, **caracterizat prin aceea că** folosește în circuitul gazelor un schimbator de presiune, pentru dezvoltarea proceselor de compresie și destindere adiabate.

(51) Int.Cl.

F02G 1/04 (2006.01);

F04F 13/00 (2009.01)



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
sub comanda nr. 54/2024