

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 00716

(22) Data de depozit: 09.08.2010

(41) Data publicării cererii:
28.02.2012 BOPI nr. 2/2012

(71) Solicitant:
• ROKURA APLICAȚII INDUSTRIALE
S.R.L., STR. RAHMÂNINOV NR.46-48,
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:
• PETCU CRISTIAN-MIHAI,
CALEA PLEVNEI NR.96, BL.10D1, SC. 1,
ET.3, AP.7, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;
• NEDELCU LAURENȚIU GABRIEL,
STR. ALEEA BUHUȘI NR. 1, BL.4, SC.2,
ET.3, AP.70, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• BLEAJA GEORGE MARINEL,
ȘOS. PANTELIMON NR.255, BL.43, SC.F,
ET.5, AP.218, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO;
• URSCĂ ION, STR. ZBOINA NEAGRĂ
NR.3, BL.102, SC.A, ET.8, AP.52,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
• GEORGESCU VLADIMIR- CRISTIAN,
STR.SIRENELOR NR.95, SECTOR 5,
BUCUREȘTI, B, RO;

• PAMFILIE CRISTIAN, STR. TOAMNEI
NR.46, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
• PETRESCU GABRIEL, STR.
FIZICIENILOR NR.1, BL.D2A, SC.A, ET.1,
AP.7, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;
• PRISECARU TUDOR,
STR. RADU POPESCU NR. 17, BL. 24A,
SC. 2, AP. 63, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B,
RO;
• DANCIU GRIGORE,
STR. AV. VASILE TRAIAN NR.46,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• APOSTOL VALENTIN GHEORGHE,
STR. COMPOZITORILOR NR. 15, BL. 821,
SC.B, ET.2, AP.54, SECTOR 6,
BUCUREȘTI, B, RO

(74) Mandatar:
INVENTA - AGENȚIE UNIVERSITARĂ DE
INVENTICĂ S.R.L.,
B-DUL CORNELIU COPOSU NR.7, BL.104,
SC.2, AP.31, SECTOR 3, BUCUREȘTI

(54) **PROCEDEU DE RECUPERARE ȘI UTILIZARE A CĂLDURII
EVACUATE DE UN MOTOR CU ARDERE INTERNĂ PENTRU
REDUCEREA CONSUMULUI SPECIFIC DE COMBUSTIBIL ȘI
A EMISIILOR POLUANTE**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de recuperare și utilizare a căldurii evacuate de un motor cu ardere internă, pentru reducerea consumului specific de combustibil și a emisiilor poluante. Procedeu conform invenției, prezentat în schema generală a unui grup electrogen, conține un sistem CROE, alcătuit dintr-un subsistem (2) CRO, dintr-un electrolizor (3), un sistem (4) de monitorizare/comandă și un dispozitiv (6) de cuplare- decuplare, ce include și un invertor (7) de debitare a energiei în rețea, subsistem (2) ce conține un expandor (2.1) cuplat permanent cu un generator (2.2) de curent, expandor (2.1) în care are loc destinderea vaporilor supraîncălziți de agent refrigerant, produși în sistemul de vaporizare-supraîncălzire, vaporii răciți mai întâi într-un schimbător (2.3/3.15) de căldură, electrolizorul (3) cu celule aparținând unui rezervor (3.1) prin care circulă electrolitul condiționat și, după condiționarea hidrogenului și oxigenului, sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen produs de acesta, stocate în niște rezervoare (3.3 și 3.4), electrolizorul (3) fiind prevăzut cu niște senzori (3.5 și 3.6) de temperatură, cu un senzor (3.20) de nivel electrolit și cu niște senzori (3.7, 3.8, 3.9 și 3.10) de presiune, iar infor-

mațiile furnizate fiind analizate de sistemul (4) de monitorizare/comandă, hidrogen sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, care este injectat în motor, prin intermediul unui sistem (3.11) de injecție și, după caz, oxigen care este injectat în galeria de admisie a motorului, printr-un sistem (3.14) de injecție.

Revendicări: 12
Figuri: 8

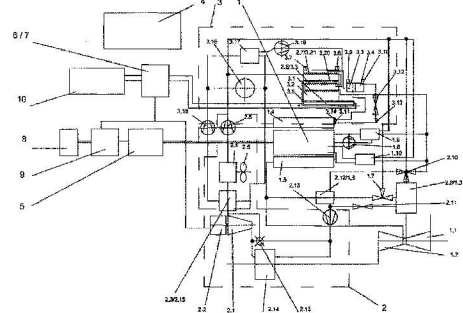


Fig. 1

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



50

PROCEDEU DE RECUPERARE ȘI UTILIZARE A CĂLDURII EVACUATE DE UN MOTOR CU ARDERE INTERNĂ PENTRU REDUCEREA CONSUMULUI SPECIFIC DE COMBUSTIBIL ȘI A EMISIILOR POLUANTE

Prezenta invenție se referă la un procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de un motor cu ardere internă alimentat cu combustibil lichid sau gazos, cu aprindere prin scânteie sau prin comprimare, cu aspirație naturală sau supraalimentat, ce intră în componența sistemului de propulsie a unui vehicul clasic, sau a unui vehicul hibrid rutier sau feroviar, sau în componența grupurilor electrogene, și care se poate extinde de asemenea la grupurile de acționări industriale sau la grupurile de propulsie navală sau la aplicațiile de încălzire în sistem de cogenerare.

Energia recuperată se transmite sistemului mecanic pentru propulsia unui vehicul sau pentru funcționarea unei instalații care se pretează la utilizarea energiei recuperate, sau se stochează electric, fie într-un sistem de acumulatori și condensatori electrici ce oferă o densitate mare a energiei stocate și care au și rol de preluare a vârfurilor de energie, fie prin electroliza unor soluții apoase acide sau bazice de natură anorganică sau organică sau a altor metode de disociere a apei care utilizează energie electrică pentru producerea hidrogenului și oxigenului sau a unui amestec gazos stoichiometric hidrogen-oxigen, ce se injectează apoi în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului cu ardere internă.

Procedeul propus are ca scop reducerea consumului specific de combustibil lichid sau gazos al unui motor cu ardere internă cu aprindere prin comprimare sau prin scânteie și a emisiilor poluante ale acestuia.

Se cunosc procedee de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, utilizate atât la autovehicule, cât și ca aplicații generale, astfel:

- brevetele de invenție japoneze nr. JP 5-340241 și 56-101012 ce se aplică vehiculelor hibride, unde căldura evacuată de motorul cu ardere internă este recuperată într-un sistem care funcționează după un ciclu Rankine și transformă căldura în lucru mecanic sau energie electrică;
- brevetul de invenție nr. US 2004/0063535 A1, prin care un sistem bazat pe un ciclu Rankine ce funcționează cu apă/vapori supraîncălziți de apă, pentru recuperarea căldurii evacuate de un motor cu ardere internă al unui vehicul

hibrid și care furnizează energie electrică în sistemul de acumuloare al vehiculului sau care furnizează lucru mecanic direct în cutia de viteză a vehiculului combinat cu lucrul mecanic furnizat de motorul termic;

- brevetul de invenție nr. JP 2001-27118 care prezintă un sistem care utilizează căldura conținută în gazele de evacuare și în lichidul de răcire al unui motor cu ardere internă, într-un sistem bazat pe ciclul funcțional Rankine, care poate fi optimizat, prin controlul temperaturii aburului la intrarea în expander pentru creșterea randamentului acestuia;
- brevetul de invenție nr. US 2004/0231330 A1, ca extensie a brevetului de invenție internațional PCT/JP02/10453, prin care se realizează un sistem de optimizare funcțională a unui sistem bazat pe un ciclu Rankine, care funcționează cu apă/vapori supraîncălziți de apă, pentru recuperarea căldurii evacuate de un motor cu ardere internă al unui vehicul hibrid;
- brevetul de invenție nr. US 6,986,251 B2, care propune o metodă de optimizare funcțională a unui sistem pe baza unui ciclu Rankine organic, ce folosește căldura evacuată de un motor cu ardere internă al unui grup electrogen, pentru vaporizarea și supraîncălzirea vaporilor unui lichid refrigerant organic;
- brevetul de invenție nr. RO 122556 B1, care se referă la un procedeu pentru utilizarea amestecurilor sărace, pentru alimentarea la toate regimurile de funcționare ale unor motoare cu aprindere prin scânteie, care echipează autovehiculele rutiere, procedeu, care prevede injecția de gaz oxihidric HHO la o presiune de 10 bar, în timpul cursei de comprimare, după închiderea supapei de admisie, astfel încât proporția volumetrică de hidrogen în amestecul combustibil să se afle în intervalul 15...25%, ceea ce îl recomandă și pentru aplicația ce face obiectul prezentului brevet;
- brevetul US 6,689,259 B1, care propune un gaz obținut prin electroliza unei soluții apoase alcaline, ce este un amestec de 63...67 % hidrogen și 30...35% oxigen, cunoscut sub numele de AQUYGEN™, gaz care are calități speciale în comportarea sa în reacție cu diverse materiale, precum și în procesele de combustie din motorul cu ardere internă;
- brevetul US 3,262,872, prin care se propune un aparat pentru producerea pe cale electrolitică a hidrogenului și oxigenului;

- brevetul US 4,014,777, prin care se propune un aparat de producere a unui amestec gazos stoichiometric hidrogen/oxigen pentru sudarea, brazarea diverselor materiale metalice și alte utilizări dorite ale acestuia;
- brevetul US 4,936,961, care prezintă o metodă de producere a unui gaz combustibil din apă;
- brevetul US 4,613,304, care prezintă un generator electric de producere a hidrogenului din apă;
- brevetul US 4,389,981, care prezintă un injector de introducere a hidrogenului într-un motor cu ardere internă.

În literatura de specialitate sunt tratate probleme referitoare la:

- evoluția randamentelor de electroliză pentru diverse soluții apoase, inclusiv de glicerol;
- diverse aparate și metode de producere separată ale hidrogenului și oxigenului, prin electroliza diverselor soluții apoase, inclusiv cele pe bază de membrane de schimb protoni – așa-numitele PEM-uri;
- diverse sisteme de injecție a combustibililor gazoși, inclusiv a hidrogenului în motorul cu ardere internă, sisteme care asigură injecția/dozarea atât continuă, cât și secvențială, a gazelor combustibile în galeria de admisie a motorului, în porțile supapelor de admisie, sau direct în cilindrii motorului, în timpul deschiderii supapelor de admisie, sau după închiderea acestora;
- efectele introducerii hidrogenului sau a amestecului gazos stoichiometric hidrogen-oxigen sau a gazului oxihidric HHO sau HRG asupra consumului specific de combustibil, în sensul reducerii acestuia cu cel puțin a echivalentului energetic al cantității de hidrogen introduse, precum și a emisiilor de CO₂, HC, CO și particule, cu ușoară creștere a emisiilor de NO_x, neajuns care se rezolvă prin utilizarea tratamentului gazelor de evacuare ale motorului cu ardere internă, pentru care electroliza necesită o sursă de curent electric exterioară, singura sursă ce poate fi asigurată la bordul vehiculului, aplicației industriale sau grupului electrogen fiind un sistem de stocare a energiei electrice ce se încarcă utilizând/consumând din puterea efectivă livrată de vehicul, aplicarea industrială sau la grupul electrogen fiind un sistem

de stocare a energiei electrice ce se încarcă utilizând/consumând din puterea efectivă livrată la volantul motorului cu ardere internă.

Procedeele actuale de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, utilizate atât la autovehicule, cât și ca aplicații generale, cunoscute, prezintă următoarele dezavantaje:

- la trecerea de la starea de „STOP” sau de la starea de „RELANTI” până la atingerea regimului funcțional dorit de utilizator – adică în timpul regimurilor tranzitorii, la sarcini și turații mici – datorită nivelului scăzut al temperaturii medii ce poate fi asigurată de sistemele de evacuare a căldurii – sistem de răcire, respectiv sistem de evacuare gaze arse, sistemul Rankine, oricare ar fi el, indiferent de fluidul de lucru, apă sau refrigerant de natură organică, începe să funcționeze mai târziu decât ar fi de dorit, astfel încât, practic în acest interval de timp, nu se poate vorbi despre o recuperare a energiei calorice evacuate de motor;
- la regimurile de funcționare în gol, sau la turații și sarcini reduse ale motorului, datorită nivelului scăzut al temperaturii ce se poate asigura, sistemul de recuperare a căldurii bazat pe ciclul Rankine, clasic sau organic, nu funcționează, sau funcționează la randamente destul de scăzute, ceea ce ar impune, pentru mărirea economiei de combustibil și reducerea emisiilor poluante, implementarea unui sistem care să asigure înlocuirea unei proporții corespunzătoare de combustibil, cu energie provenită de la altă sursă, cum ar fi energia înmagazinată în sistemul de stocare a energiei electrice, ce acumulează energia generată, de exemplu, de sistemul regenerativ de frânare al vehiculelor hibride. Dar acest procedeu se poate aplica numai la vehiculele hibride, în timp ce la vehiculele clasice sau la grupurile electrogene nu se aplică. Reducerea suplimentară a consumului de combustibil s-ar putea obține numai prin suplینirea unui procent din energia introdusă în motor prin utilizarea, de exemplu, a hidrogenului stocat într-un rezervor tampon și care este produs prin electroliză la bordul vehiculului, sau local la un grup electrogen, imediat în timpul regimurilor tranzitorii cerute de utilizator. Practic, în acest mod hidrogenul participă direct la regimurile tranzitorii cerute de utilizator, ceea ce înseamnă o reducere substanțială a consumului de combustibil și pentru aceste regimuri;

- mai mult, în timpul regimurilor tranzitorii de decelerare, ce determină scăderea turației și sarcinii motorului, dinspre sarcinile și turațiile ridicate, către starea de „RELANTI” sau de „STOP”, sistemul Rankine produce energie în exces, care practic se pierde, ceea ce impune „aducerea” acestuia în poziția de „OPRIRE”, prin by-passarea expanderului, pentru a nu fi afectată răcirea motorului. În acest caz este nevoie de un sistem de stocare a energiei electrice, lucru ce se rezolvă la vehiculele hibride prin stocarea acestei energii într-un sistem de baterii de acumuloare. La grupurile electrogene și la tracțiunea feroviară, cu extensie la diverse aplicații industriale, precum și la vehiculele clasice unde nu există acest sistem de stocare, această energie se pierde;
- prin utilizarea hidrogenului la combustia în motoarele cu ardere internă, o proporție din consumul de combustibil bază ce se utilizează la ardere este înlocuită de apă, la toate regimurile funcționale cerute de utilizator, dar bilanțul energetic final al sistemului este negativ, întrucât necesarul de energie pentru producerea hidrogenului depășește reducerea de consum de combustibil.

Procedeu avut în vedere în cadrul acestei invenții, de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de un motor cu ardere internă alimentat cu combustibil lichid sau gazos, cu aprindere prin scânteie sau prin comprimare, cu aspirație naturală sau supraalimentat, ce intră în componența sistemului de propulsie a unui vehicul clasic, sau a unui vehicul hibrid rutier sau feroviar, precum și în componența grupurilor electrogene, și care se poate extinde de asemenea la grupurile de acționări industriale sau la grupurile de propulsie navală sau la aplicațiile de încălzire în sistem de cogenerare, prezintă avantajele:

- recuperarea căldurii evacuate de motor prin utilizarea sistemului de recuperare având la bază un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, ce utilizează un agent de lucru refrigerant organic, și transformarea acestei părți în lucru mecanic suplimentar ce se folosește la propulsia unui vehicul sau la producerea energiei electrice ce urmează a fi stocată într-o baterie de acumuloare și de condensatori, pentru a fi utilizată ulterior, iar în cazul în care nu se mai poate stoca această energie va fi utilizată la producerea hidrogenului și oxigenului sau a unui amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen ce urmează a fi injectate în cilindrii motorului sau în galeria de admisie a acestuia, contribuind suplimentar la reducerea consumului specific de combustibil și a emisiilor poluante ale motorului cu ardere internă;

- reducerea suplimentară a consumului de combustibil cu câteva procente în plus din energia introdusă în motor prin utilizarea hidrogenului stocat într-un rezervor tampon, obținut prin electroliză la bordul vehiculului, sau local la un grup electrogen, în timpul regimurilor tranzitorii cerute de utilizator, astfel încât acesta participă direct la regimurile cerute de utilizator;
- recuperarea căldurii evacuate de un motor, cu ardere internă, indiferent de tipul ciclului de funcționare și stocarea unei anumite părți, fie în energie conținută în hidrogenul ce se produce prin electroliza soluțiilor apoase, sau prin alte metode de disociere a apei care utilizează energie electrică, și care urmează a fi ars ulterior în cilindrii motorului, cu reducerea corespunzătoare a consumului de combustibil, fie este stocat sub formă de energie electrică într-un sistem de acumulate și de condensatori, energie care se poate utiliza ulterior la producerea hidrogenului, sau se debitează într-o rețea electrică;
- recuperarea căldurii evacuate de un motor cu ardere internă, indiferent de tipul ciclului de funcționare și stocarea unei anumite părți, fie în energie conținută în hidrogenul ce se produce prin electroliza soluțiilor apoase, sau prin alte metode de disociere a apei care utilizează energie electrică, și care urmează a fi ars ulterior în cilindrii motorului, cu reducerea corespunzătoare a consumului de combustibil de bază, fie este transformată în lucru mecanic necesar propulsiei sau utilizării în acționări industriale;
- înlocuirea unei proporții corespunzătoare de combustibil, cu energie provenită de la altă sursă, cum ar fi energia înmagazinată în sistemul de stocare a energiei electrice, ce acumulează energia generată de sistemul regenerativ de frânare al vehiculelor hibride, prin reducerea suplimentară a consumului de combustibil de bază, a unui anumit procent din energia introdusă în motor, prin utilizarea hidrogenului stocat într-un rezervor tampon, obținut prin electroliză la bordul vehiculului, sau prin alte metode de disociere a apei care utilizează energie electrică sau local la un grup electrogen, imediat, în timpul regimurilor tranzitorii cerute de utilizator, astfel, în acest mod, hidrogenul participă direct la regimurile tranzitorii, ceea ce înseamnă o reducere substanțială a consumului de combustibil și pentru aceste regimuri.

La fundamentarea teoretică a invenției, pentru a demonstra aplicabilitatea ei, în cazul motoarelor cu ardere internă alimentate cu combustibil lichid sau gazos, cu aprindere prin scânteie sau prin comprimare, supraalimentate sau cu aspirație

naturală, ce intră în componența sistemului de propulsie a unui vehicul clasic sau a unui vehicul hibrid, rutier sau feroviar, a unui grup electrogen, sau a unor aplicații industriale, etc., trebuie pornit de la modul general de operare, specific fiecărei aplicații, astfel la:

- un grup electrogen, motorul funcționează la turație constantă, sarcina acestuia fiind variabilă;
- un motor de tracțiune feroviară, în configurația diesel-electric, motorul funcționează după o curbă dinainte stabilită, în funcție de criteriile de economicitate și de tracțiune cerute;
- un motor cu configurația diesel-hidraulică sau pentru acționările industriale, cum ar fi cele din forajul petrolifer, acesta funcționează într-o plajă destul de restrânsă de turații și de sarcini, determinată de „acordarea funcțională” cu convertizorul hidraulic al transmisiei;
- o tracțiune rutieră clasică, atât domeniul de turații, cât și cel de sarcini, variază de la 0 la 100%;
- o tracțiune rutieră hibridă, motorul funcționează, de asemenea, într-un domeniu relativ restrâns de sarcini și turații.

La toate aceste aplicații se admite și funcționarea în suprasarcină de 10%, atât din punct de vedere al turației, cât și al sarcinii.

De asemenea, trebuie pornit și de la configurația sistemului pentru realizarea procedurii, denumit în continuare sistem CROE de recuperare a unei părți din căldura evacuată din motorul cu ardere internă și care este alcătuit în principal dintr-un subsistem ce funcționează după un ciclu Rankine organic – denumit în continuare „subsistem CRO” și un electrolizor de soluții apoase „E”.

În componența sistemului CROE mai intră:

- instalație de injecție – în funcție de tipul electrolizorului – de hidrogen și oxigen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, în motorul cu ardere internă pe care se instalează acest sistem;
- un dispozitiv de cuplare-decuplare a sistemului CROE; acesta poate include, în funcție de aplicație, un dispozitiv de cuplare-decuplare directă a subsistemului CRO cu motorul cu ardere internă sau cu un generator antrenat de motorul cu ardere internă;

- un sistem de acumulare a energiei electrice ce are în componență un controler, un sistem de acumuloare și condensatori ce oferă o densitate mare a energiei stocate și care au rol de preluare a vârfurilor de energie; acest sistem permite livrarea unor cantități mari de energie electrică într-o perioadă scurtă de timp;
- o unitate de monitorizare și comandă a sistemului CROE.

În cele ce urmează se folosesc următoarele notații și definiții:

- $L_{tot,CROE,H2}$ – lucrul mecanic total produs de motorul cu ardere internă, alimentat cu combustibil de bază lichid sau gazos și cu hidrogenul produs din electroliza soluției apoase de glicerol, utilizând energia electrică produsă de un sistem CROE, ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, lucrul mecanic măsurat la volantul motorului cu ardere internă;
- $L_{tot,CROE,H2}$ – lucrul mecanic total produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază lichid sau gazos și cu hidrogenul produs din electroliza soluției apoase de glicerol, utilizând energia electrică produsă de un sistem CROE ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, lucrul mecanic măsurat la volantul motorului cu ardere internă;
- $E_{tote,CROE,H2}$ – energia totală produsă de grupul electrogen al cărui motor cu ardere internă este alimentat cu combustibil de bază lichid sau gazos, denumit în continuare: „combustibil de bază” și cu hidrogenul produs din electroliza soluției apoase de glicerol, utilizând energia electrică produsă de un sistem CROE, ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, energie măsurată la volantul motorului cu ardere internă;
- $L_{totm,CRO,m}$ – lucrul mecanic total produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază însumat cu lucrul mecanic total produs de subsistemul CRO, ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, lucrul mecanic măsurat la arborele de ieșire al sumatorului mecanic de putere, în care intră fluxul de putere generat de motorul cu ardere internă și fluxul de putere generat de subsistemul CRO;
- $E_{tote,CRO,e}$ – energia totală produsă de grupul electrogen al cărui motor cu ardere internă este alimentat cu combustibil de bază, însumată cu energia electrică produsă de subsistemul CRO, ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă;
- E_m – energia introdusă în motorul cu ardere internă prin combustibilul de bază;

- $E_{\text{term,cl}}$ – energia termică evacuată de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază;
- $E_{\text{term,H2}}$ – energia termică evacuată de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază și hidrogen produs prin electroliză;
- $E_{\text{el,cl}}$ – energia electrică produsă de grupul electrogen al cărui motor cu ardere internă este alimentat cu combustibil de bază;
- $L_{\text{m,cl}}$ – lucrul mecanic produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază;
- $L_{\text{m,H2}}$ – lucrul mecanic produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază și cu hidrogenul produs prin electroliză;
- E_{H2} – energia introdusă în motorul cu ardere internă prin hidrogenul produs de electrolizor;
- $E_{\text{CRO,e}}$ – energia electrică produsă de subsistemul CRO cu motorul termic alimentat cu combustibil de bază;
- $E_{\text{CROE,H2}}$ – energia electrică produsă de sistemul CROE cu motorul termic alimentat cu combustibil de bază și hidrogen produs prin electroliză;
- $L_{\text{CROE,m}}$ – lucrul mecanic produs de motorul termic alimentat cu combustibil de bază și hidrogen produs prin electroliză de sistemul CROE;
- η_{mot} – randamentul conversiei energiei totale introdusă prin combustibil, inclusiv a hidrogenului, atunci când este cazul, în motorul cu ardere internă;
- η_{Gen} – randamentul generatorului grupului electrogen;
- η_{sum} – randamentul sumatorului mecanic a puterii produse de motorul termic și a celei produse de sistemul CRO;
- η_{cupl} – randamentul sumatorului electric a puterii produse de generatorul principal și a celei produse de sistemul CROE, respectiv subsistemul CRO;
- η_{electr} – randamentul electrolizei;
- $\eta_{\text{electr,Hi}}$ – randamentul electrolizei raportat la puterea calorică inferioară;
- η_{CRO} – randamentul subsistemului CRO;
- $\eta_{\text{CROE,gen}}$ – randamentul generatorului electric al sistemului CROE, ce produce energie electrică;
- $\eta_{\text{CROE,red}}$ – randamentul reductorului sistemului CROE, ce produce lucru mecanic;
- $\eta_{\text{CRO,e}}$ – randamentul total al subsistemului CRO, ce produce energie electrică;
- $\eta_{\text{CRO,m}}$ – randamentul total al subsistemului CRO, ce produce lucru mecanic;

- Q_{s, H_2} – puterea calorică superioară a hidrogenului;
- Q_{i, H_2} – puterea calorică inferioară a hidrogenului.

Pornind de la forma modernă a Legii 1 a lui Faraday se poate calcula masa de substanță ce se poate produce la un electrod:

$$m = Q \cdot M / z \cdot F$$

unde:

- m este masa de substanță pură din elementul X produsă la un electrod;
- Q este sarcina electrică totală ce trece prin electrolit (în Coulombi);
- z este valența numărului de ioni din elementul X;
- F = 96485 C/mol constanta lui Faraday;
- M este masa molară a elementului X;

Dacă se notează cu „n” numărul de moli, rezultă:

$$n = Q / z \cdot F;$$

și considerând

- $Q = I \cdot T$, unde I (A) este valoarea intensității curentului electric ce trece prin electrolit, iar T este durata totală de timp, exprimată în secunde, rezultă:

$$n = I \cdot T / z \cdot F$$

În cazul hidrogenului se poate calcula energia totală conținută de „n” moli, luând în considerare Q_{s, H_2} :

$$E_{tot} = n \cdot Q_{s, H_2} = I \cdot T / (z \cdot F) \cdot Q_{s, H_2},$$

unde

- $Q_{s, H_2} = 286168$ J/mol, conform lucrării: „Tabele și Diagrame Termodinamice”, Kuzman Raznjevic, Editura Tehnică, București, 1978.

Considerăm $z=2$, deoarece se eliberează 2 ioni de H^+ .

În continuare se consideră că energia electrică necesară desfășurării efective a electrolizei este:

- $E_{el} = I \cdot T \cdot V_{cel}$, unde V_{cel} este diferența de potențial aplicată pe o celulă de electroliză.

Se definește randamentul electrolizei pentru obținerea hidrogenului, ca fiind raportul dintre valoarea energiei totale conținută de „n” moli de hidrogen și valoarea efectivă a energiei electrice consumate:

$$\eta_{electr, H_2} = E_{tot} / E_{el} = (I \cdot T \cdot 286168 / (2 \cdot 96485)) / (I \cdot T \cdot V_{cel}) = 1,482 / V_{cel},$$

în cazul invenției,

09-08-2010

- $E_{el} = E_{CRO,e}$, în prezent, valorile acestui randament se situează peste 0,5, astfel, de exemplu, pentru un randament de 0,5 valoarea tensiunii pe celulă este 2,964 Vcc, iar pentru un randament de 0,9 este de 1,647 Vcc.

Obținerea hidrogenului, în contextul prezentei invenții se realizează prin electroliza soluțiilor apoase acide sau bazice de natură anorganică sau organică.

La alegerea electrolitului, s-a ținut cont de gradul de pericolozitate mult mai redus al soluțiilor apoase de glicerol în raport cu cel al soluțiilor alcaline minerale sau acide minerale, care este un subprodus al proceselor de producție a bio-dieselului, și astfel, prin această aplicație se găsește o altă cale de valorificare superioară a acestuia.

Trebuie, de asemenea, menționat faptul că electroliza soluțiilor apoase de glicerol de concentrații masice între 10 și 16% se desfășoară la randamente superioare, așa după cum este prezentat și în articolul Low Potential Electrolysis of Aqueous using Polymer Electrolyte Membrane, unde valoarea de 2,964 Vcc în contextul acestui brevet de invenție se consideră a fi valoarea maximă admisă pentru desfășurarea oricărui tip de electroliză a soluțiilor apoase.

Ținând cont de faptul că, la arderea combustibililor în motorul cu ardere internă se ia în calcul puterea calorică inferioară a combustibililor, iar la hidrogen aceasta este $Q_{i,H_2} = 241118 \text{ J/mol}$, rezultă că randamentul global al electrolizei este:

$$\eta_{el} = \eta_{electr,Hi} * Q_{i,H_2}/Q_{s,H_2} = \eta_{electr,Hi} * 241118/286168 = \eta_{electr,Hi} * 0,842575,$$

astfel încât, energia introdusă prin hidrogen în motorul cu ardere internă, este

$$E_{H_2} = \eta_{el} * E_{CRO,e} = \eta_{electr,Hi} * Q_{i,H_2}/Q_{s,H_2} * E_{CRO,e} = \eta_{electr,Hi} * 0,842575 * E_{CRO,e}$$

Lucrul mecanic produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază lichid sau gazos, este:

$$L_{m,cl} = \eta_{mot} * E_m$$

Energia electrică produsă de grupul electrogen al cărui motor cu ardere internă este alimentat cu combustibil de bază, este:

$$E_{el,cl} = L_{m,cl} * \eta_{Gen} = \eta_{mot} * \eta_{Gen} * E_m$$

Energia electrică produsă de subsistemul CRO, pentru cazul motorului alimentat cu combustibil de bază, se calculează cu relația:

$$E_{CRO,e} = E_{term} * \eta_{CRO,e}$$

$$E_{term} = E_m * (1 - \eta_{mot} - 0,2) = E_m * (0,8 - \eta_{mot})$$

ținând cont că 0,2 din energia termică evacuată de motor, limită acceptată de proiectare, nu se poate prelucra.

Rezultă:

$$E_{CRO,e} = E_m \cdot (0,8 - \eta_{mot}) \cdot \eta_{CRO,e}$$

Lucrul mecanic produs de subsistemul CRO, pentru cazul în care electroliza nu funcționează și motorul este alimentat cu combustibil de bază, este:

$$L_{CRO,m} = E_{term} \cdot \eta_{CRO,m}; \quad E_{term} = E_m \cdot (1 - \eta_{mot} - 0,2) = E_m \cdot (0,8 - \eta_{mot})$$

ținând cont că 0,2 din energia termică evacuată de motor nu se poate prelucra.

Rezultă:

$$L_{CRO,m} = E_m \cdot (0,8 - \eta_{mot}) \cdot \eta_{CRO,m}$$

Randamentul total al subsistemului CRO, care produce energie electrică, pentru calculele de mai jos, este:

$$\eta_{CRO,e} = \eta_{CRO} \cdot \eta_{CRO,gen}, \text{ unde } \eta_{CRO,gen} = 0,96$$

Randamentul total al subsistemului CRO, care produce lucru mecanic, pentru calculele de mai jos, este:

$$\eta_{CRO,m} = \eta_{CRO} \cdot \eta_{CRO,red}, \text{ unde } \eta_{CRO,red} = 0,90$$

Energia totală produsă de un grup electrogen al cărui motor cu ardere internă este alimentat cu combustibil de bază, însumată cu energia electrică produsă de subsistemul CRO, care prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, pentru calculele de mai jos, este:

$$E_{tote,CRO,e} = (E_{el,cl} + E_{CRO,e}) \cdot \eta_{cupl}, \text{ unde } \eta_{cupl} = 0,90.$$

$$E_{tote,CRO,e} = [\eta_{mot} \cdot \eta_{Gen} \cdot E_m + E_m \cdot (0,8 - \eta_{mot}) \cdot \eta_{CRO,e}] \cdot \eta_{cupl} = E_m \cdot \eta_{cupl} \cdot [\eta_{mot} \cdot \eta_{Gen} + (0,8 - \eta_{mot}) \cdot \eta_{CRO,e}] \text{ unde } \eta_{Gen} = 0,96$$

Lucrul mecanic total produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază însumat cu lucrul mecanic total produs de subsistemul CRO, care prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, specific tracțiunii rutiere sau acționărilor industriale, pentru calculele de mai jos, este:

$$L_{totm,CRO,m} = (L_{m,cl} + L_{CRO,m}) \cdot \eta_{sum}$$

$$L_{totm,CRO,m} = [\eta_{mot} \cdot E_m + E_m \cdot (0,8 - \eta_{mot}) \cdot \eta_{CRO,m}] \cdot \eta_{sum} = E_m \cdot \eta_{sum} \cdot [\eta_{mot} + (0,8 - \eta_{mot}) \cdot \eta_{CRO,m}]$$

unde,

$$\eta_{sum} = 0,9.$$

Lucrul mecanic produs de motorul cu ardere internă alimentat cu combustibil de bază și cu hidrogenul produs prin electroliză, este:

$$L_{m,H2} = \eta_{mot} * (E_m + E_{H2}) = \eta_{mot} * (E_m + \eta_{el} * E_{CROE,H2})$$

unde

$$E_{CROE,H2} = \{(0,8 - \eta_{mot}) * (E_m + \eta_{el} * E_{CROE,H2}) + (1 - \eta_{electr,Hi}) * E_{CROE,H2}\} * \eta_{CRO,e}$$

ținând cont de faptul că se recuperează și căldura degajată în timpul electrolizei.

Rezultă:

$$E_{CROE,H2} = (0,8 - \eta_{mot}) * \eta_{CRO,e} * E_m / \{1 - \eta_{CRO,e} * [(0,8 - \eta_{mot}) * \eta_{el} + 1 - \eta_{electr,Hi}]\}$$

Energia totală produsă de grupul electrogen al cărui motor cu ardere internă este alimentat cu combustibil de bază și cu hidrogenul produs din electroliza soluției apoase de glicerol utilizând energia electrică produsă de un sistem CROE, care prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, este:

$$E_{tote,CROE,H2} = \eta_{Gen} * L_{m,H2}$$

Ținând cont de aspectele precizate mai sus, prezenta invenție urmărește rezolvarea problemelor legate de funcționarea optimă la toate regimurile funcționale ale unui motor cu ardere internă, echipat cu un sistem CROE, de reducere a consumului specific de combustibil și a emisiilor poluante.

Invenția alcătuită în principal dintr-un subsistem, care funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, de recuperare a căldurii evacuate de un motor cu ardere internă, cu aprindere prin comprimare sau prin scânteie, o instalație de electroliză a unor soluții apoase dotată cu rezervor/rezervoare de stocare a hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos hidrogen-oxigen și care se injectează în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului cu ardere internă, un sistem de stocare ce înmagazinează surplusul de energie electrică rezultat în timpul funcționării instalației, un dispozitiv de cuplare-decuplare a sistemului CROE (sistem ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, energie măsurată la volantul motorului cu ardere internă), ce include, în funcție de aplicație un dispozitiv de cuplare-decuplare directă a unui subsistem CRO (subsistem, ce prelucrează energia termică evacuată de motorul cu ardere internă, măsurată la arborele de ieșire al sumatorului mecanic, în care intră fluxul de putere generat de motorul cu ardere internă și fluxul de putere generat de subsistem) – motor cu ardere internă sau generator, antrenat de motorul cu ardere internă și o unitate de monitorizare și comandă a sistemului.

Instalația de electroliză poate realiza electroliza soluțiilor acide sau bazice de natură organică sau anorganică, sau ale altor compuși organici, parțial sau total solubili în apă, cum ar fi soluțiile apoase de glicerol cu concentrații masice de 10...16%.

Instalația de injecție, pentru toate regimurile funcționale, în cazul electrolizoarelor ce produc separat hidrogen și oxigen, circuitul de oxigen va injecta permanent oxigen în galeria de admisie, atât timp cât presiunea de lucru învinge supapa de sens prevăzută în punctul de injecție din galeria de admisie.

Sistemul de stocare a energiei electrice trebuie să asigure funcționarea la o tensiune de minim 132 Vcc și la un curent maxim de vârf de 60..70 A, timp de 30 de secunde, pentru fiecare 100 kWh energie chimică introdusă în motor sub formă de combustibil lichid sau gazos.

Deoarece invenția se aplică grupurilor electrogene, vehiculelor clasice și aplicațiilor industriale, inclusiv celor staționare, vehiculelor hibride de tracțiune rutieră sau feroviară, etc., sistemul de monitorizare/comandă a sistemului CROE trebuie să asigure funcționalitatea, pentru fiecare dintre aplicațiile avute în vedere.

Astfel, sistemul de monitorizare/comandă are două funcții principale:

- funcție de monitorizare funcțională a întregului sistem, în corelare directă cu parametrii funcționali ai motorului cu ardere internă, prin culegerea informațiilor furnizate de:
 - senzorii de temperatură și presiune;
 - senzorul de detonație din cilindrii motorului;
 - determinările legate de debitele de combustibil, de fluid refrigerant de lucru subsistem CRO;
 - determinările legate de valorile de tensiune și de curent ale subansamblelor specifice;
 - determinările legate de parametrii aerului de supraalimentare, presiune și temperatură, în funcție de turație și de sarcină;
 - determinările turației și puterii motorului cu ardere internă, cu măsurarea turației și respectiv a cuplului motorului;
- funcție de comandă a funcționării optime a sistemului CROE, în corelare directă cu funcționarea motorului cu ardere internă.

Sistemul de monitorizare/comandă a instalației realizează acordarea funcțională a sistemului CROE cu motorul cu ardere internă, respectiv cu dispozitivul

de producere a tipului de putere specific aplicației avute în vedere, cum ar fi transmisia mecanică, pentru aplicațiile de tracțiune rutieră clasice, generatorul de curent electric, pentru grupurile electrogene etc.

Din aceste considerente, în memoria sistemului de monitorizare/comandă se setează următoarele:

- valoarea maximă a tensiunii de alimentare a electrolizorului, ca fiind egală cu numărul de celule de electroliză înmulțit cu valoarea de 2,964 Vcc;
- valoarea minimă a tensiunii de alimentare a electrolizorului, determinată anterior pe cale experimentală pe standul de încercări, ca fiind valoarea minimă la care are loc electroliza;
- curba limită de funcționare a electrolizorului, în funcție de sarcina motorului, ca fiind locul geometric al tuturor punctelor de funcționare, la care se realizează cuplarea-decuplarea subsistemului CRO de electrolizor, fiecare punct de pe această curbă fiind caracterizat de faptul că la creșterea regimului termic al motorului, de la acest punct în sus, este mai rentabilă utilizarea directă a energiei produsă de subsistemul CRO, în timp ce la scăderea regimului termic, de la acest punct în jos, este mai rentabilă utilizarea energiei hidrogenului produs prin electroliză, alimentată cu energia electrică provenită direct de la subsistemul CRO, astfel că, pentru toate punctele funcționale aflate în stânga punctului de cuplare-decuplare se va folosi electroliza alimentată de la subsistemul CRO, în timp ce pentru toate punctele aflate în dreapta se va folosi direct energia debitată de subsistemul CRO.

Această curbă se determină anterior pe standul de încercare, prin măsurarea tensiunii și curentului debitat în rețeaua principală de către generatorul principal al grupului electrogen și tot pentru această setare se va determina și energia introdusă în sistem, prin combustibilul de bază la diferite sarcini, prin măsurarea pe standul de încercări a consumului de combustibil de bază, curbă ce va fi suficient de mult discretizată, asigurându-se o funcționare continuă a sistemului, pe ea urmând a se determina și turația corespunzătoare a expanderului subsistemului CRO, respectiv al arborelui generatorului antrenat de acesta.

Pentru tracțiunea rutieră sau feroviară, clasică sau hibridă, se determină curbele limită, pentru mai multe regimuri de turație și de sarcină, ce vor fi suficient de mult discretizate și înglobate într-o mapă de operare a motorului, astfel încât să se asigure o funcționare continuă a sistemului, urmărindu-se:

- valorile minime ale temperaturii și presiunii fluidului de lucru la intrarea în expanderul subsistemului CRO, pentru fiecare sarcină și turație a motorului cu ardere internă;
- valorile minime și maxime ale presiunii fluidului de lucru, la intrarea în expander;
- valoarea maximă a temperaturii lichidului de răcire a motorului;
- valoarea maximă a temperaturii lubrifiantului motorului;
- valoarea minimă admisă a temperaturii aerului de supraalimentare la intrarea în răcitorul de aer, de la care începe răcirea acestuia, de către agentul refrigerant;
- valoarea presiunii maxime a aerului de supraalimentare, în funcție de care se setează valoarea minimă a presiunii din rezervoarele de hidrogen și oxigen sau din cel de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen;
- valorile minime și maxime ale temperaturii aerului de supraalimentare la intrarea în galeria de admisie a motorului;
- valorile maxime, admise ale presiunii din rezervoarele de hidrogen și oxigen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen ale electrolizorului;
- valorile nominale de lucru ale presiunii din rezervoarele de hidrogen și oxigen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen ale electrolizorului, stabilite pentru fiecare regim funcțional, în funcție de presiunea de supraalimentare a motorului;
- valorile minime admise ale presiunii din rezervoarele de hidrogen și oxigen sau de amestec stoichiometric de hidrogen și oxigen;
- valorile de histerezis, pentru presiunile și temperaturile stabilite anterior pe stand;
- valorile variabilelor de programare ale regulatorului de presiune de la intrarea în sistemul de injecție al hidrogenului sau amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen.

Considerații generale privind pornirea sistemului:

Indiferent de configurația considerată în momentul pornirii, sistemul CROE nu va genera energie mecanică sau electrică, fiind scos din funcțiune.

În momentul realizării unui regim stabilizat de turație, după faza de pornire a motorului, CROE se comută automat pe regimul de funcționare și atâta timp cât nu este atinsă temperatura minimă a fluidului de lucru din subsistemul CRO, se

folosește numai energia acumulată anterior într-un sistem de stocare a energiei electrice, sau în hidrogenul stocat în rezervoarele electrolizorului.

Când nivelul de încărcare al sistemului de stocare a energiei electrice depășește valoarea minimă, acesta se va conecta la alimentarea electrolizorului, astfel că electroliza se va desfășura până la valoarea maxim admisă și sistemul CROE va intra în regimul de lucru normal, specific fiecărei aplicații.

Considerații generale privind oprirea sistemului:

În momentul opririi motorului termic, sistemul de monitorizare/comandă menține în funcțiune subsistemul CRO, până la consumarea întregii energii conținută în fluidul de lucru, adică, atât timp cât temperatura fluidului de lucru este peste valoarea minimă.

Subsistemul CRO va fi inițial conectat la încărcarea sistemului de stocare a energiei electrice, până la atingerea nivelului maxim de încărcare a acesteia, după care se va conecta la alimentarea electrolizorului, care va funcționa până la atingerea presiunii maxime admise din rezervorul de hidrogen, sau al amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen.

Grupurile electrogene prezintă următoarea configurație - un motor cu ardere internă echipat cu un alternator pentru încărcarea bateriei de acumuloare pentru pornire, care antrenează un generator electric, ce debitează energie electrică într-o rețea electrică sau lucrează în regim insularizat și un sistem CROE de recuperare a energiei calorice evacuată de motor, la care expanderul subsistemului CRO este cuplat permanent cu un generator de curent electric alternativ, care debitează energie electrică atât pentru încărcarea unui sistem de stocare a energiei electrice, prin intermediul unui încărcător (charger), cât și pentru electroliză, în funcție de cerințele funcționale ale motorului termic.

La regimurile tranzitorii de creștere a sarcinii, atunci când apare o cerere bruscă de energie electrică, datorită inerției termice a sistemului de evacuare a căldurii produsă de către motorul cu ardere internă, subsistemul CRO va avea o întârziere la atingerea parametrilor de lucru ai expanderului. Pe durata acestei secvențe de operare, motorul va fi alimentat, atât cu combustibilul de bază al motorului, cât și cu hidrogen sau cu amestec gazos stoichiometric hidrogen/oxigen produs și stocat în electrolizor, prin utilizarea energiei electrice stocate în sistemul de stocare, dacă nivelul de încărcare al acestuia este peste valoarea minimă prescrisă.

La atingerea parametrilor minimi de funcționare ai expanderului, se cuplează subsistemul CRO, pentru alimentarea sistemului de stocare a energiei electrice, electrolizorul rămânând cuplat la acesta și motorul va fi alimentat în continuare, atât cu combustibilul de bază, cât și cu hidrogenul și oxigenul sau cu amestecul gazos stoichiometric hidrogen/oxigen în electrolizor, urmând procedura de operare:

- în cazul în care presiunea din rezervorul de hidrogen sau de amestec stoichiometric de hidrogen și oxigen este peste valoarea nominală, se deschide circuitul de alimentare a motorului, și pe durata acestei secvențe de operare, electrolizorul este alimentat direct de la sistemul de stocare a energiei electrice, la tensiunea pe care o poate asigura, în funcție de starea de încărcare a acestuia;
- în cazul în care temperatura fluidului de lucru a subsistemului CRO atinge valoarea minimă, cuplorul va comuta încărcarea sistemului de stocare direct de la subsistemul CRO;
- pe perioada când se asigură condiția ca presiunea din rezervorul electrolizorului să fie mai mare sau egală cu presiunea nominală, motorul va fi alimentat dual, atât cu combustibil de bază, cât și cu hidrogen, respectiv amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen;
- procedura pentru regimul tranzitoriu de creștere a sarcinii continuă până la atingerea valorii puterii stabilizate cerută de consumator, motorul intrând astfel într-un nou regim stabilizat de funcționare, procedeu care se aplică și la regimul tranzitoriu de creștere a turației, adică pe perioada de accelerare a motorului.

Pentru regimul de lucru stabilizat, se aplică următoarea procedura de operare:

- se activează funcția de comparare de pe curbele limită de funcționare a sistemului CROE stabilită anterior;
- se deschide circuitul de alimentare a motorului cu hidrogen și oxigen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, iar subsistemul CRO va alimenta cu energie electrică sistemul de stocare, electrolizorul rămânând cuplat la acesta;
- la atingerea valorii maxime a turației expanderului de pe curba limită de funcționare a sistemului CROE, stabilită anterior, se decuplează alimentarea electrolizorului de la sistemul de stocare;

- apoi, pe toată durata de funcționare în regim stabilizat, subsistemul CRO va debita energie electrică spre sistemul de stocare, de unde, prin intermediul inverterului, se debitează energie electrică în rețea;
- motorul va fi alimentat dual, atât cu combustibilul de bază, cât și cu hidrogen și oxigen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, atât timp cât presiunea din rezervorul electrolizorului este mai mare sau egală cu presiunea nominală, astfel că sistemul va debita energie electrică în rețea atât de la generatorul principal antrenat cu motorul alimentat dual, cât și de la subsistemul CRO, motorul adaptându-și consumul de combustibil de bază, în funcție de cerințele de putere ale consumatorului;
- la o nouă creștere a sarcinii, cerută de consumator se reia procedura specifică regimului tranzitoriu de creștere a sarcinii, prezentată anterior.
- la scăderea sarcinii, cerută de consumator, se aplică procedura de operare în regim tranzitoriu de reducere a sarcinii.

La regimurile tranzitorii de reducere a sarcinii, valabilă și pentru regimurile tranzitorii de reducere a turației, datorită inerției termice a sistemului de evacuare a căldurii motorului termic, subsistemul CRO, tinde să debiteze energie electrică în exces față de cerere, situație în care unitatea de monitorizare/comandă a instalației va comanda decuplarea inverterului de la rețea și comutarea subsistemului CRO către sistemul de stocare a energiei electrice, cu alimentarea sau nu a electrolizorului cu energie electrică, în funcție de starea acestora, astfel, această energie nu se pierde și va fi folosită la producerea hidrogenului sau amestecului gazos hidrogen/oxigen, ce va fi utilizat ulterior la arderea în motorul cu ardere internă, realizându-se o economie de combustibil de bază, concomitent cu o funcționare corespunzătoare a grupului electrogen echipat cu sistemul combinat CROE, urmând procedura de operare:

- pe perioada regimului tranzitoriu de reducere a sarcinii se dezactivează funcția de comparare a tensiunii de alimentare a electrolizorului, cu valoarea corespunzătoare de pe curba limită de funcționare a electrolizorului pentru fiecare sarcină stabilizată;
- pe durata acestei secvențe de operare, se întrerupe alimentarea cu hidrogen sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen a motorului;

- pe durata acestei secvențe de operare, subsistemul CRO debitează curent electric, în primul rând către sistemul de stocare, atât timp cât nivelul de încărcare permite acest lucru;
- la atingerea nivelului maxim de încărcare a sistemului de stocare a energiei electrice, se cuplează alimentarea cu energie electrică a electrolizorului pentru încărcarea rezervorului acestuia cu hidrogen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, pregătind sistemul pentru o nouă alimentare duală a motorului;
- dacă s-a atins presiunea maximă admisă din rezervorul de hidrogen se întrerupe alimentarea cu energie electrică a electrolizorului.

Pentru aplicațiile din domeniul tracțiunii rutiere, se prezintă următoarea configurație a instalației combinate CROE - un motor cu ardere internă echipat cu un alternator pentru încărcarea sistemului de stocare a energiei electrice, care transmite energia mecanică produsă, prin intermediul unui ambreiaj, către o cutie de viteză ce are înglobat un sumator mecanic, după care lucrul mecanic este transmis către un diferențial și mai departe către roțile motrice ale vehiculului, un subsistem CRO, de recuperare a energiei calorice evacuată de motor, ce funcționează după un ciclu Rankine organic, ce utilizează un fluid de lucru refrigerant organic și care este cuplat permanent cu o cutie de viteză prin intermediul căreia se transmite energia mecanică spre sumatorul mecanic sau antrenează, în funcție de regimul funcțional, un generator de curent electric, care debitează energie electrică atât pentru încărcarea unui sistem de stocare a energiei electrice, cât și pentru electroliză, în funcție de cerințele funcționale ale motorului termic.

La regimurile tranzitorii de accelerare, atunci când apare o cerere bruscă de energie, datorită inerției termice a sistemului de evacuare a căldurii produsă de către motorul cu ardere internă, subsistemul CRO va avea o întârziere la atingerea parametrilor de lucru optimi ai expanderului, timp în care, motorul cu ardere internă va fi alimentat atât cu combustibilul de bază, cât și cu hidrogenul sau cu amestecul gazos stoichiometric hidrogen-oxigen produs și stocat în electrolizor, prin utilizarea energiei electrice acumulate în sistemul de stocare a energiei electrice, dacă nivelul de încărcare al acestuia este peste valoarea minimă prescrisă și, la atingerea parametrilor minimi de funcționare ai expanderului, se cuplează subsistemul CRO pentru alimentarea sistemului de stocare a energiei electrice, electrolizorul rămânând cuplat la acesta, motorul fiind alimentat în continuare atât cu combustibilul de bază,

cât și cu hidrogenul și oxigenul sau cu amestecul gazos stoichiometric hidrogen-oxigen produse în electrolizor.

Procedura de operare, pe perioada regimului tranzitoriu, este următoarea:

- se dezactivează funcția de comparare a tensiunii de alimentare a electrolizorului, cu valoarea maximă corespunzătoare de pe curbele limită de funcționare a sistemului combinat CROE, pentru fiecare sarcină și turație stabilizate, determinate apriori pe standul de încercare;
- în cazul în care presiunea din rezervorul de hidrogen sau de amestec stoichiometric de hidrogen și oxigen este peste valoarea nominală se deschide circuitul de alimentare a motorului, iar electrolizorul este alimentat direct de la sistemul de stocare, la tensiunea pe care o poate asigura acesta, în funcție de starea de încărcare a acestuia;
- în cazul în care temperatura fluidului de lucru al subsistemului CRO atinge valoarea minimă, dispozitivul de cuplare va fi comutat pe poziția de alimentare a sistemului de stocare, electrolizorul rămânând cuplat la acesta;
- dacă presiunea din rezervorul de hidrogen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen atinge valoarea maximă, sistemul de monitorizare/comandă va cupla direct subsistemul CRO de sumatorul mecanic al vehiculului, contribuind direct la creșterea puterii la roțile motrice;
- atât timp cât se asigură condiția ca presiunea din rezervorul electrolizorului să fie mai mare decât presiunea nominală, motorul va fi alimentat dual, atât cu combustibilul de bază, cât și cu hidrogen, respectiv amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen.

Procedura pentru regimul de accelerare continuă până la atingerea valorii puterii stabilizate cerută de consumator, motorul intrând astfel într-un nou regim stabilizat de funcționare.

Pentru regimul de lucru în situația de regim stabilizat se aplică procedura următoare:

- se activează funcția de comparare de pe curbele limită de funcționare a sistemului CROE, stabilită anterior;
- electrolizorul va produce hidrogen, respectiv oxigen sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, care sunt injectate în motor, atât timp cât sistemul de stocare poate asigura energia necesară;

- subsistemul CRO se va decupla de la sumatorul mecanic și va alimenta sistemul de stocare, electrolizorul rămânând cuplat la acesta, dacă temperatura fluidului de lucru, la intrarea în expanderul subsistemului CRO, se află peste temperatura minimă și turația arborelui generatorului subsistemului CRO este sub valoarea maximă de pe curba limită de funcționare a sistemului CROE, stabilită anterior;
- subsistemul CRO se cuplează la sumatorul mecanic al vehiculului, iar electrolizorul se decuplează de la alimentarea cu energie electrică, dacă turația arborelui generatorului subsistemului CRO atinge valoarea maximă de pe curba limită de funcționare aferentă regimului de funcționare a sistemului CROE, stabilită anterior, chiar dacă nivelul de încărcare a sistemului de stocare a energiei electrice este la minim;
- după atingerea punctului de cuplare-decuplare de pe curba limită de funcționare a sistemului CROE, în cazul în care presiunea din rezervorul electrolizorului se află peste valoarea nominală, motorul va fi alimentat în continuare dual, atât cu combustibil de bază, cât și cu hidrogen și oxigen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, iar subsistemul CRO va debita energie către sumatorul mecanic al vehiculului și mai departe către roțile motrice ale acestuia, astfel motorul își va adapta consumul de combustibil de bază lichid sau gazos, în funcție de cerințele de putere ale vehiculului;
- la o nouă creștere a sarcinii, se reia procedura de operare la regimul tranzitoriu de accelerare, prezentată anterior;
- la decelerare, se aplică procedura de operare în regim tranzitoriu de decelerare.

La regimurile tranzitorii de decelerare, tot datorită inerției termice a sistemului de evacuare a căldurii motorului termic, subsistemul CRO, tinde să debiteze energie în exces față de cerere, situație în care unitatea de monitorizare/comandă a instalației va comanda decuplarea subsistemului CRO de sumatorul mecanic și-l va comuta, în funcție de starea de încărcare, spre sistemul de stocare a energiei electrice, sau va comanda alimentarea electrolizorului cu energie electrică pentru producerea și stocarea hidrogenului și a oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, astfel, această energie nu se pierde și va fi folosită la producerea hidrogenului și oxigenului sau amestecului gazos hidrogen-

oxigen ce va fi utilizat ulterior la arderea în motorul cu ardere internă, realizându-se o economie de combustibil de bază, concomitent cu o funcționare corespunzătoare a vehiculului echipat cu sistemul de recuperare prezentat, aplicându-se procedura următoare:

- pe perioada regimului tranzitoriu de decelerare se dezactivează funcția de comparare a tensiunii de alimentare a electrolizorului cu valoarea maximă corespunzătoare de pe curbele limită de funcționare ale sistemului CROE, pentru fiecare sarcină și turație stabilizate;
- pe durata acestei secvențe de operare, se întrerupe alimentarea cu hidrogen și oxigen sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen a motorului;
- pe durata acestei secvențe de operare, subsistemul CRO debitează curent electric numai către sistemul de stocare a energiei electrice atât timp cât nivelul de încărcare permite acest lucru;
- la atingerea nivelului maxim de încărcare a sistemului de stocare a energiei electrice, se deschide circuitul de alimentare cu energie electrică a electrolizorului pentru încărcarea rezervorului acestuia cu hidrogen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, pregătind sistemul pentru o nouă alimentare duală a motorului;
- dacă s-a atins presiunea maximă admisă din rezervor se întrerupe alimentarea cu energie electrică a electrolizorului.

Pentru aplicațiile din domeniul vehiculelor hibride de tracțiune rutieră sau feroviară, de tip SERIE sau PARALEL se recurge la următoarea configurație - un motor cu ardere internă ce antrenează un sistem generator/motor reversibil, transmite energia produsă prin intermediul unui diferențial către roțile motrice ale vehiculului, un sistem de recuperare a energiei pe perioada frânării/decelerării vehiculului, un sistem CROE de recuperare a energiei calorice evacuată de către motor, la care dispozitivul de cuplare-decuplare, sistem CROE include și un dispozitiv de cuplare-decuplare directă, subsistem CRO – generator/motor electric, și o unitate de monitorizare și comandă a sistemului.

La regimurile tranzitorii de accelerare, atunci când apare o cerere bruscă de energie, datorită inerției termice a sistemului de evacuare a căldurii produse de către motorul cu ardere internă, subsistemul CRO va avea o întârziere la atingerea parametrilor de lucru optimi ai expanderului. Pe durata acestei secvențe de operare, motorul cu ardere internă va fi alimentat atât cu combustibilul de bază al motorului,

cât și cu hidrogen sau cu amestec gazos stoichiometric hidrogen-oxigen produs și stocat în electrolizor, prin utilizarea energiei electrice acumulate în sistemul de stocare a energiei electrice, dacă nivelul de încărcare al acestuia este peste valoarea minimă prescrisă. La atingerea parametrilor minimi de funcționare ai expanderului, se cuplează subsistemul CRO la alimentarea sistemului de stocare a energiei electrice, electrolizorul rămânând cuplat la acesta. În acest fel motorul va fi alimentat atât cu combustibilul de bază, cât și cu hidrogenul și oxigenul sau cu amestecul gazos stoichiometric hidrogen-oxigen produse în electrolizor, aplicându-se procedura următoare:

- pe perioada regimului tranzitoriu de accelerare se dezactivează funcția de comparare a tensiunii de alimentare a electrolizorului cu valoarea maximă corespunzătoare de pe curbele limită de funcționare a sistemului combinat CROE, pentru fiecare sarcină și turație stabilizate, determinate apriori pe standul de încercare;
- în cazul în care presiunea din rezervorul de hidrogen sau de amestec stoichiometric de hidrogen și oxigen este peste valoarea nominală, se deschide circuitul de alimentare a motorului, pe durata acestei secvențe de operare electrolizorul fiind alimentat la tensiunea pe care o poate asigura sistemul de stocare a energiei electrice, în funcție de starea de încărcare a acestuia;
- în cazul în care temperatura fluidului de lucru al subsistemului CRO atinge valoarea minimă, dispozitivul de cuplare va fi comutat pe poziția de încărcare a sistemului de stocare a energiei electrice, direct de la subsistemul CRO;
- dacă presiunea din rezervorul de hidrogen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen atinge valoarea maximă, sistemul de monitorizare/comandă poate cupla direct subsistemul CRO de generator/motorul electric al vehiculului, contribuind direct la creșterea puterii la roțile motrice;
- atât timp cât se asigură condiția ca presiunea din rezervorul electrolizorului să fie mai mare decât presiunea nominală, motorul va fi alimentat dual, atât cu combustibil de bază, cât și cu hidrogen, respectiv amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, astfel se realizează o economie de combustibil de bază, atât datorită cuplării subsistemului CRO, cât și datorită

injectiei de hidrogen, respectiv oxigen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen-oxigen.

Procedura pentru regimul de accelerare continuă până la atingerea valorii puterii stabilizate cerute de consumator, motorul intrând astfel într-un nou regim stabilizat de funcționare.

Pentru regimul stabilizat de lucru se aplică procedura următoare:

- se activează funcția de comparare de pe curbele limită de funcționare combinată a sistemului CROE;
- se deschide circuitul de alimentare a electrolizorului pentru producerea hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, electrolizorul va produce hidrogen, respectiv oxigen sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, care sunt injectate în motor, atât timp cât sistemul de stocare poate asigura energia necesară, dacă nivelul de încărcare a sistemului de stocare a energiei electrice este suficient de mare;
- subsistemul CRO va alimenta sistemul de stocare a energiei electrice, iar electrolizorul rămâne cuplat la subsistemul CRO, dacă temperatura fluidului de lucru la intrarea în expanderul subsistemului se află peste temperatura minimă și turația arborelui generatorului este sub valoarea maximă de pe curba limită de funcționare a sistemului CROE, stabilită anterior;
- electrolizorul se decuplează de la alimentarea cu energie electrică, dacă turația arborelui generatorului subsistemului CRO este peste valoarea maximă de pe curba limită de funcționare aferentă regimului de funcționare a sistemului CROE, stabilită anterior;
- motorul va fi alimentat dual, atât cu combustibil de bază, cât și cu hidrogen și oxigen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, iar subsistemul CRO va debita energie către sistemul de stocare a energiei electrice, în paralel cu generatorul vehiculului, după atingerea punctului de cuplare-decuplare de pe curba limită de funcționare a sistemului CROE, în cazul în care presiunea din rezervorul electrolizorului se află peste valoarea nominală, iar motorul își va adapta astfel consumul de combustibil de bază, în funcție de cerințele de putere ale vehiculului;
- la o nouă creștere a sarcinii, se reia procedura de operare la regimul tranzitoriu de accelerare, prezentată anterior;

- la decelerare, se aplică procedura de operare în regim tranzitoriu de decelerare.

La regimurile tranzitorii de decelerare se aplică următoarea procedură:

- se dezactivează funcția de comparare a tensiunii de alimentare a electrolizorului cu valoarea maximă corespunzătoare de pe curbele limită de funcționare a sistemului combinat CROE, pentru fiecare sarcină și turație stabilizate, determinate apriori pe standul de încercare;
- se întrerupe alimentarea motorului cu hidrogen și oxigen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen;
- se realizează încărcarea buteliilor de gaze ale electrolizorului, pe toată durata secvenței de decelerare;
- se întrerupe alimentarea cu energie electrică a electrolizorului, dacă s-a atins presiunea maximă admisă din rezervor.

Datorită inerției termice a sistemului de evacuare a căldurii motorului termic, subsistemul CRO, tinde să debiteze energie în exces față de cerere, situație în care atât sistemul de recuperare a energiei al vehiculului, cât și subsistemul CRO vor realiza încărcarea sistemului de stocare a energiei electrice, până la atingerea nivelului maxim, astfel că această energie nu se pierde și va fi folosită atât la încărcarea sistemului de stocare a energiei electrice, cât și la producerea hidrogenului și oxigenului sau amestecului gazos hidrogen-oxigen, ce va fi utilizat ulterior la arderea în motorul cu ardere internă, realizându-se o economie de combustibil de bază, concomitent cu o funcționare corespunzătoare a vehiculului, echipat cu sistemul de recuperare prezentat.

Se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1...8, care reprezintă:

- figura 1 - configurația specifică a unui grup electrogen echipat cu un sistem CROE;
- figura 2 - configurația specifică a unei tracțiuni rutiere clasice, echipată cu un sistem CROE;
- figura 3 - configurația specifică a unui vehicul hibrid, echipat cu un sistem CROE, variantă constructivă de transmisie „SERIALĂ”;
- figura 4 - evoluția puterii obținute de un grup electrogen al cărui motor cu ardere internă este echipat cu sistemul CROE, de recuperare a energiei calorice evacuată de motor;

- figura 5 - curba tipică de limită de cuplare-decuplare a sistemului combinat CROE, pentru un regim de funcționare a motorului la turație constantă, în funcție de sarcina motorului;
- figura 6 - evoluția consumului de combustibil de bază exprimată în valori de energie [kWh], pentru un grup electrogen echipat cu sistem CROE, cu electrolizorul funcționând la randamente $\eta_{\text{electr,Hi}}$ între 50% și 90%;
- figura 7 - evoluția consumului de combustibil de bază, exprimată în valori de energie [kWh], pentru un grup electrogen echipat cu sistem CROE, cu electrolizorul funcționând la randamentul $\eta_{\text{electr,Hi}}$ de 90%;
- figura 8 – evoluția consumului de combustibil de bază, exprimată în valori de energie [kWh], pentru un grup electrogen echipat cu sistem CROE, cu electrolizorul funcționând la randamente $\eta_{\text{electr,Hi}}$ între 50% și 90%, pentru variante de alimentare a motorului cu combustibil.

Conform invenției, configurația specifică (schema generală) a unui grup electrogen echipat cu un sistem CROE, figura 1, cuprinde un motor cu ardere internă 1, motor turbo-supra-alimentat, cu aerul de supraalimentare comprimat de o suflantă 1.1, antrenată de o turbină de gaze 1.2, care apoi este răcit într-un răcitor 2.9/1.3, după care este admis în cilindrii motorului 1, prin galeria de admisie 1.4 a motorului. În cilindrii motorului are loc arderea unui combustibil de bază, după care are loc procesul de destindere, obținându-se lucrul mecanic, necesar antrenării unui generator principal 5. Motorul cu ardere internă este prevăzut cu un generator auxiliar de curent, pentru încărcarea unei baterii de acumulare, necesară pornirii acestuia, respectiv alimentării sistemelor proprii de monitorizare a parametrilor de operare specifici grupului electrogen.

După ardere și destindere, gazele arse sunt evacuate prin galeria de evacuare 1.5 a motorului, la intrarea în turbina de gaze 1.2, care va prelucra energia acestora, pentru comprimarea aerului de supraalimentare.

Motorul 1 este prevăzut cu un sistem de recirculare gaze arse 1.6 în galeria de admisie a motorului, prin sistemul de amestecare a acestora 1.7 cu aerul de supraalimentare.

Motorul cu ardere internă este răcit cu un lichid de răcire, circulat de o pompă 1.8, printr-un schimbător de căldură termostatat 1.9. Lubrifiantul motorului este răcit într-un schimbător de căldură 1.10.

Pentru montajul sistemului CROE, se aduc următoarele modificări: aerul de supraalimentare, lichidul de răcire și lichidul de lubrifiere vor fi răcite cu agentul refrigerant al sistemului CROE.

Sistemul CROE este alcătuit dintr-un subsistem CRO 2, dintr-un electrolizor 3, dintr-un sistem de monitorizare/comandă 4, un dispozitiv de cuplare – decuplare 6, ce include și un inverter 7 de debitare a energiei într-o rețea 8 printr-un sumator 9 și o baterie de acumulatori/condensatoare 10.

Subsistemul CRO are în componență un expander 2.1, cuplat permanent cu un generator de curent 2.2, expander în care are loc destinderea vaporilor supraîncălziți de agentul refrigerant de natură organică, produși în sistemul de vaporizare-supraîncălzire al subsistemului. După destinderea în expander vaporii de agent refrigerant sunt răciți mai întâi într-un schimbător de căldură 2.3/3.15, prevăzut cu un termostat 3.16, în care are loc încălzirea apei necesare desfășurării electrolizei la randamente ridicate.

Amestecul de vapori și lichid al refrigerantului este răcit puternic într-un condensator 2.4, căldura fiind evacuată în mediul înconjurător de către grupul de răcire prin intermediul unui ventilator 2.5.

Refrigerantul, în fază lichidă, după ce a fost răcit, este pompat de către o pompă 2.6 în sistem; o parte este pompată în sistemul de schimbătoare de căldură ale electrolizorului 3, o parte către schimbătoarele de căldură ale lichidului de răcire și ale lichidului de lubrifiere a motorului 1 și o parte către răcitorul aerului de supraalimentare 2.9/1.3.

Lichidul refrigerant răcește gazele produse de electrolizor, într-un schimbător 2.7/3.4, realizându-se în acest mod dezumidificarea acestora, pentru a fi introduse în motorul cu ardere internă, răcește electrolitul electrolizorului, într-un schimbător de căldură termostatat 2.8/3.3, plasat în partea superioară a unui rezervor de electrolit 3.2, realizându-se în acest mod menținerea unei temperaturi optime de funcționare a electrolizei, precum și recuperarea căldurii de către subsistemul CRO.

La intrarea în răcitorul de aer 2.9/1.3, agentul refrigerant este trecut printr-un dispozitiv 2.10, care dacă aerul de supraalimentare la intrarea în răcitor are o temperatură sub valoarea minimă, pentru care este necesară răcirea, atunci răcitorul de aer este by pass-at prin dispozitivul 2.10 și printr-o supapă 2.11, care se închide către ieșirea din sistemul de recirculare gaze arse 2.12/1.6, unindu-se cu circuitele de răcire ale lichidului de răcire și lichidului de lubrifiere ale motorului și a

electrolizorului, agentul refrigerant fiind trimis din acest dispozitiv către sistemul de recirculare gaze arse **2.12/1.6**.

Dacă temperatura aerului de supraalimentare are o valoare superioară temperaturii minime, atunci supapa **2.11**, se deschide și lichidul refrigerant pătrunde în răcitorul de aer **2.9/1.3**.

După realizarea schimburilor de căldură cu lichidul de răcire a motorului, cu lichidul de lubrifiere și cu electrolizorul, agentul refrigerant este trimis din dispozitivul **2.10** către schimbătorul de căldură al sistemului **2.12/1.6**.

După realizarea schimbului de căldură și cu aerul de supraalimentare, respectiv și cu gazele arse recirculate, agentul refrigerant este colectat în stare bifazică de către o pompă cu piston **2.13**, care-l pompează mai departe într-un schimbător de căldură de temperatură ridicată **2.14**, unde are loc supraîncălzirea vaporilor agentului refrigerant, vapori supraîncălziți, care sunt destinați în expanderul **2.1**, care produce lucrul mecanic necesar antrenării generatorului **2.2**.

Pentru oprirea expanderului, este prevăzută o supapă **2.15** care by pass-ează, atât expanderul, cât și schimbătorul de căldură **2.14**, situație, care apare normal la procedura de oprire a motorului, sau atunci când răcirea motorului este deficitară în mod accidental, de exemplu, la defectarea expanderului.

Electroliza are loc în electrolizor, într-un pachet de celule **3.1** prin care circulă electrolitul din rezervorul **3.2** răcit cu schimbătorul **2.6/3.3**. După producerea hidrogenului și oxigenului, respectiv a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, aceste gaze sunt uscate prin răcire cu ajutorul schimbătorului **2.7/3.21**, după care sunt stocate în niște rezervoare **3.3** și **3.4**.

Electrolizorul este prevăzut cu niște senzori de temperatură ai electrolitului **3.5** și **3.6** ai gazelor produse, precum și cu niște senzori de presiune **3.7**, **3.8**, **3.9** și **3.10**, informațiile furnizate fiind analizate de sistemul de monitorizare/comandă **4**.

Hidrogenul sau amestecul gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen este injectat în motor prin intermediul unui sistem de injecție **3.11**, sistem, care este prevăzut cu o electrovalvă de închidere/deschidere **3.12**, și cu un sistem de protecție anti-explozivă **3.13**. Electrovalva **3.12** are rolul de ajustare a debitului de hidrogen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, în funcție de presiunea aerului de supraalimentare și de închidere a circuitului de alimentare cu hidrogen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen la regimurile de scădere a sarcinii și turației, adică la regimurile tranzitorii de decelerare. Electrovalva rămâne

închisă atât pe regimul de RELANTI, cât și pe regimul de mers în gol, atunci când când generatorul grupului electrogen **5** nu debitează energie electrică spre rețeaua **8**, și evident pe toată durata opririi motorului.

În cazul producerii separate de hidrogen și oxigen, acesta din urmă este injectat în galeria de admisie printr-un sistem de injecție **3.14**, care are prevăzută o supapă de sens, pentru evitarea „întoarcerii aerului cald” spre rezervoarele electrolizorului.

În circuitul electrolizorului mai sunt prevăzute și două pompe **3.18** și **3.19**. Pompa **3.18** care recirculă apa din rezervorul **3.17** prin schimbătorul de căldură **2.3/3.15**. Pompa de presiune **3.19** injectează apa în electrolizor, în funcție de nivelul electrolitului măsurat de un senzor de nivel **3.20**, plasat în rezervorul **3.2**.

Prin dispozitivul de cuplare-decuplare **6**, se realizează debitarea energiei electrice produsă de generatorul **5** și stocată în sistemul de stocare a energiei electrice **10** prin intermediul inverterului **7** încorporat în acesta, către un sumator electric **9** și mai departe către o rețea **8**, împreună cu energia provenită de la generatorul grupului electrogen **5**.

Dispozitivul de cuplare-decuplare **6** realizează, de asemenea, și alimentarea cu energie electrică a electrolizorului **2** de la sistemul de stocare a energiei electrice **10**, așa după cum s-a prezentat anterior.

Conform invenției, în figura **2** este prezentat montajul sistemului CROE pentru aplicația specifică tracțiunii rutiere clasice, unde sunt păstrate pozițiile comune cu cele din figura **1**, diferențele constând în faptul că lucrul mecanic produs de motor este transmis prin intermediul unui cuplaj **11** către o cutie de transmisie **12**, care este și sumator mecanic și mai departe, prin intermediul unui diferențial **13** către o roată motrice **14**.

Sumatorul **12**, se poate cupla/decupla, prin intermediul unor cuplaje electromagnetice, atât de motorul termic **1**, cât și de expanderul **2.1** al subsistemului CRO **2**.

Expanderul **2.1** nu mai este cuplat permanent cu generatorul **2.2**, ci este cuplat prin intermediul unei transmisii **2.16**, în funcție de regimul de operare, descris anterior fie de generatorul **2.2** prin intermediul unei excitații de generator **2.17**, fie de sumatorul **12**, prin intermediul unui cuplaj electromagnetic **15**.

Generatorul **2.2** este, de asemenea, cuplat, în funcție de regimul de operare, prezentat anterior, de sistemul de stocare a energiei electrice **10**, prin intermediul inverterului **7**, ce conține un redresor **16**.

Conform invenției, în figura **3** este prezentat montajul specific sistemului CROE pe un vehicul hibrid – o variantă constructivă de transmisie „SERIALĂ”, unde sunt păstrate pozițiile comune cu cele din figurile **1** și **2**.

La vehiculele hibride există un singur dispozitiv de cuplare-decuplare care îndeplinește aceleași funcții ca cele prezentate anterior.

La configurația hibridă de tip „SERIAL” prezintă particularități, astfel motorul cu ardere internă funcționează într-o plajă restrânsă de turații și sarcini, pentru obținerea unor consumuri specifice cât mai scăzute, el transmite lucrul mecanic către un generator **5**, care la rândul său furnizează energie electrică, prin intermediul cuplajului electric **17**, unui generator-motor electric **18** și mai departe diferențialului **13** către roata motrice **14**, generatorul **2.2** este cuplat permanent cu expanderul **2.1**, dispozitivul de cuplare-decuplare **19** realizează comutarea funcționării sistemului CROE, când pe „electroliză”, când pe „sistemul de stocare a energiei electrice”, când și „pe sistemul de stocare a energiei electrice și pe electroliză”, cu cuplarea-decuplarea generatorului **2.2**, în funcție de nivelul de încărcare al sistemului de stocare a energiei electrice **10**, generator-motorul **18** va debita energie electrică, la regimul de frânare, către sistemul de stocare a energiei electrice, prin intermediul aceluiași dispozitiv **19**.

Sistemul CROE va folosi în acest mod energia recuperată atât de la generator-motorul **18**, în regimul de frânare, cât și de la generatorul **5**, în regimul de decelerare al motorului.

În figura **4** se prezintă evoluția puterii obținute de un grup electrogen al cărui motor cu ardere internă este echipat cu sistemul CROE de recuperare a energiei calorice evacuată de motor.

Curbele au fost determinate în următoarele ipoteze:

1. Randamentul total al expanderului subsistemului CRO are o creștere liniară de la 1% la 17%;
2. Randamentul electrolizei $\eta_{\text{electr,Hi}}$ are două valori de 50%, respectiv 90%;
3. Creșterea puterii motorului se realizează fie prin cuplarea directă a expanderului subsistemului CRO cu generatorul principal, caz în care motorul este alimentat numai cu combustibil de bază, curba $E_{\text{tot,COR,e}}$, fie prin introducerea hidrogenului și

oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen pentru cele două valori ale randamentului electrolize de 50%, curba $E_{tot, CRO,e,H2}$ Rand el 50%, respectiv 90%, curba $E_{tot, CRO,e,H2}$ Rand el 90%

4. Nu am luat în considerare îmbunătățirea randamentului motorului prin creșterea excesului de oxigen, prin introducerea suplimentară a oxigenului produs prin electroliză.

Se observă faptul că pentru randamente totale ale expanderului, sub 13,4% este mai rentabilă cuplarea sistemului CROE, în acest caz motorul fiind alimentat atât cu combustibil de bază cât și cu hidrogen și oxigen sau cu amestec stoichiometric gazos de hidrogen și oxigen produse prin utilizarea energiei electrice generate de sistemul de recuperare propus.

Cu cât randamentul electrolizorului crește cu atât crește și valoarea randamentului subsistemului CRO până la care este mai rentabilă cuplarea sistemului CROE, în acest caz motorul fiind alimentat atât cu combustibil de bază cât și cu hidrogen și oxigen sau cu amestec stoichiometric gazos de hidrogen și oxigen produse prin utilizarea energiei electrice generate de sistemul de recuperare propus.

Astfel, pentru $\eta_{electr,Hi} = 90\%$ valoarea randamentului total al expanderului subsistemului CRO la care este recomandabilă decuplarea sistemului CROE crește la aproximativ 17%.

În figura 5 este prezentată o curbă tipică de limită de cuplare-decuplare a sistemului combinat CROE pe un regim de funcționare a motorului la turație constantă, în funcție de sarcina motorului.

În figura 6 se prezintă evoluția consumului de combustibil de bază exprimată în valori de energie [kWh], pentru un grup electrogen echipat cu sistem CROE, cu electrolizorul funcționând la randamente $\eta_{electr,Hi}$ între 50% și 90%, conform figurii 8 în următoarele cazuri:

- referința – motor alimentat numai cu combustibil de bază;
- motor alimentat cu combustibil de bază și hidrogen produs cu sistemul CROE la punctul de cuplare-decuplare al acestuia;
- motor alimentat numai cu combustibil de bază și subsistem CRO cuplat direct în paralel cu generatorul principal la rețeaua electrică;
- ■ motor alimentat cu combustibil de bază și hidrogen la debitul maxim produs la alimentarea electrolizorului direct de la sistemul de stocare, fără funcționarea sistemului CROE;

- motor alimentat cu combustibil de bază și hidrogen la debitul maxim produs cu energie electrică de la sistemul de stocare a energiei electrice și subsistem CRO cuplat în paralel cu generatorul principal la rețeaua electrică.

Se observă o reducere a consumului de combustibil de bază cu 1,3...2,4 % pe cruba limită de funcționare a sistemului CROE, și de 3,0...7,4% în cazul alimentării cu hidrogen produs de la sistemul de stocare a energiei electrice și subsistem CRO cuplat în paralel cu generatorul principal la rețeaua electrică.

În figura 7 se prezintă aceleași evoluții, dar cu randamentul electrolizei $\eta_{\text{electr,Hi}} = 90\%$.

În acest caz reducerea de consum de combustibil de bază este între 1,3 și 4% pe curba limită de funcționare a sistemului CROE.

Curbele din figura 7 reprezintă:

- referința
- motor alimentat cu combustibil de bază și hidrogen produs cu sistem CROE la punctul de cuplare-decuplare;
- motor alimentat numai cu combustibil de bază și subsistem CRO cuplat direct la rețea;
- - motor alimentat cu combustibil de bază și hidrogen la debit maxim produs cu energie electrică de la baterie fără sistem CROE;
- motor alimentat cu combustibil de bază și hidrogen produs cu energie electrică de la baterie și subsistem CRO cuplat direct la rețea.

REVEDICĂRI

1. Procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă alimentate cu combustibil lichid sau gazos, cu aprindere prin scânteie sau prin comprimare, supraalimentate sau cu aspirație naturală, ce intră în componența sistemului de propulsie a unui vehicul clasic, a unui vehicul hibrid rutier sau feroviar, a grupurilor electrogene, cu extindere la aplicațiile cu turbine cu gaze și la motoarelor cu combustie externă și la cazanele de abur sau de apă caldă, la grupurile de acționări industriale sau la grupurile de propulsie navală și la aplicațiile de încălzire în sistem de cogenerare, **caracterizat prin aceea că**, energia recuperată poate să fie transmisă unui sistem mecanic, pentru realizarea propulsiei unui vehicul, sau pentru producerea energiei electrice, sau a funcționării unei instalații care se pretează la utilizarea energiei recuperate, prin stocarea electrică, într-un sistem de acumulatori sau condensatoare electrice, sau prin electroliza unor soluții apoase acide sau bazice, de natură anorganică sau organică, sau a altor metode de disociere a apei care utilizează energie electrică pentru producerea hidrogenului și oxigenului sau a unui amestec gazos stoichiometric hidrogen – oxigen, ce se injectează în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului cu ardere internă, în cazul unor autovehicule sau grupuri electrogene, sau în sistemul de ardere a unei instalații.

2. Procedeu de recuperare și utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă alimentate cu combustibil lichid sau gazos, cu aprindere prin scânteie sau prin comprimare, supraalimentate sau cu aspirație naturală, **caracterizat prin aceea că**, o parte din căldura evacuată de motor, prin utilizarea sistemului de recuperare având la bază un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, ce utilizează un agent de lucru refrigerant organic, procedeu în sine cunoscut, este transformată în lucru mecanic suplimentar ce se folosește la propulsia unui vehicul sau la producerea energiei electrice ce urmează a fi stocată într-o baterie de acumulatori și de condensatori, pentru a fi utilizată ulterior, iar în cazul în care nu se mai poate stoca va fi utilizată la producerea hidrogenului și oxigenului sau a unui amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen ce urmează a fi injectate în cilindrii motorului sau în galeria

de admisie a acestuia, contribuind suplimentar la reducerea consumului specific de combustibil și a emisiilor poluante ale motorului cu ardere internă.

3. Procedeu, conform revendicărilor 1 și 2, de recuperare eficientă a energiei termice evacuată de motoare cu ardere internă destinate antrenării unui generator al unui grup electrogen, în timpul regimurilor stabilizate de sarcină, **caracterizat prin aceea că**, energia recuperată va fi utilizată la producerea hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, prin electroliza soluțiilor apoase acide sau bazice de natură anorganică sau organică, sau a altor metode de disociere a apei care utilizează energia electrică obținută prin conversia energiei termice evacuată de motor într-un sistem ce funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, ce utilizează ca agent de lucru un refrigerant de natură organică, și injecția imediată a acestora în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului, în paralel cu alimentarea principală cu combustibil a motorului, cu reducerea proporțională a consumului de combustibil principal, până la un punct de funcționare dinainte stabilit și comutarea, în acest punct, la cuplarea directă a aceluiași sistem ce funcționează după un ciclu Rankine, în vederea conversiei energiei termice evacuată de motor în energie electrică ce se însumează cu energia electrică produsă de generatorul principal al grupului electrogen cu reducerea proporțională a consumului de combustibil principal al motorului.

4. Procedeu, conform revendicărilor 1 și 2, de recuperare eficientă a energiei termice evacuată de motoare cu ardere internă destinate tracțiunii, în timpul regimurilor stabilizate de sarcină și turație, **caracterizat prin aceea că**, energia recuperată va fi utilizată la producerea hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, prin electroliza soluțiilor apoase acide sau bazice de natură anorganică sau organică, sau a altor metode de disociere a apei care utilizează energia electrică obținută prin conversia energiei termice evacuată de motor într-un sistem ce funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, ce utilizează ca agent de lucru un refrigerant de natură organică, și injecția imediată a acestora în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului, în paralel cu alimentarea

principală cu combustibil a motorului, cu reducerea proporțională a consumului de combustibil principal, până la un punct de funcționare dinainte stabilit și comutarea, în acest punct, la cuplarea directă a aceluiași sistem ce funcționează după un ciclu Rankine, în vederea conversiei energiei termice în lucru mecanic ce se însumează cu lucrul mecanic produs de motor cu reducerea proporțională a consumului de combustibil principal al motorului.

5. Procedeu, conform revendicărilor 1 și 2, de recuperare eficientă a energiei termice evacuată de motoare cu ardere internă destinate tracțiunii, în timpul regimurilor tranzitorii de accelerare și în timpul regimurilor stabilizate de sarcină și turație, **caracterizat prin aceea că**, energia recuperată va fi utilizată la producerea hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen prin electroliza soluțiilor apoase acide sau bazice de natură anorganică sau organică, sau a altor metode de disociere a apei care utilizează energia electrică acumulată într-un sistem de stocare a energiei electrice de tip baterie de acumuloare și condensatori ce oferă o densitate mare a energiei stocate și care au rol de preluare a vârfurilor de energie, și injecția imediată a acestora în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului, în paralel cu alimentarea principală cu combustibil a motorului, și cuplarea directă a unui sistem ce funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, ce utilizează ca agent de lucru un refrigerant de natură organică, în vederea conversiei energiei termice evacuată de motor în lucru mecanic ce se însumează cu lucrul mecanic produs de motor, cu reducerea proporțională a consumului de combustibil principal al motorului.

6. Procedeu, conform revendicărilor 1 și 2, de recuperare eficientă a energiei termice evacuată de motoare cu ardere internă destinate antrenării generatorului unui grup electrogen, în timpul regimurilor tranzitorii de creștere a sarcinii și în timpul regimurilor stabilizate de sarcină și turație, **caracterizat prin aceea că**, energia recuperată va fi utilizată la producerea hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen prin electroliza soluțiilor apoase acide sau bazice de natură anorganică sau organică, sau a altor metode de disociere a apei care utilizează energia

electrică acumulată într-un sistem de stocare a energiei electrice de tip baterie de acumuloare și condensatori ce oferă o densitate mare a energiei stocate și care au rol de preluare a vârfurilor de energie, și injecția imediată a acestora în galeria de admisie sau direct în cilindrii motorului, în paralel cu alimentarea principală cu combustibil a motorului, și cuplarea directă a unui sistem ce funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, ce utilizează ca agent de lucru un refrigerant de natură organică, în vederea conversiei energiei termice evacuată de motor în energie electrică ce se însumează cu energia electrică produsă de generatorul electric al grupului electrogen, cu reducerea proporțională a consumului de combustibil principal al motorului.

7. Procedeu de reducere a consumului specific de combustibil și de reducere a emisiilor poluante ale unui motor cu ardere internă, atât pentru regimurile tranzitorii, cât și pentru regimurile de funcționare stabilizată, **caracterizat prin aceea că** prin monitorizarea permanentă a parametrilor funcționali ai acestuia, a parametrilor funcționali ai unui electrolizor ce produce hidrogen și oxigen, sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, precum și a parametrilor funcționali ai unui sistem ce furnizează energia electrică necesară obținerii hidrogenului și oxigenului sau amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen și care funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, de conversie a energiei termice evacuată de motor, se realizează comutarea funcțională, după o curbă dinainte stabilită, la alimentarea în paralel cu alimentarea principală cu combustibil a motorului și cu hidrogenul și oxigenul produse de electrolizor, sau la însumarea puterii produse de sistemul ce funcționează după ciclul Rankine organic, cu puterea motorului.
8. Procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, conform revendicărilor 1, 2, 3, 6 și 7, **caracterizat prin aceea că**, schema generală a unui grup electrogen conține un sistem CROE, care este alcătuit dintr-un subsistem CRO (2), dintr-un electrolizor (3), dintr-un sistem de monitorizare/comandă (4) și un dispozitiv de cuplare – decuplare (6), ce include și un inverter (7) de debitare a energiei în rețea, subsistem CRO care are în componență un expander (2.1), cuplat permanent cu un generator de curent (2.2), expander în care are loc destinderea vaporilor

09-08-2010

supraîncălziți de agent refrigerant de natură organică, produși în sistem de vaporizare-supraîncălzire al subsistemului, vapori de agent refrigerant care sunt răciți mai întâi într-un schimbător de căldură **(2.3)/(3.15)**, prevăzut cu un termostat **(3.16)**, în care are loc încălzirea apei necesare desfășurării procesului de obținere a hidrogenului și oxigenului sau a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen la randamente ridicate, amestec de vapori și lichid ai refrigerantului care este răcit puternic într-un condensator **(2.4)**, căldura fiind evacuată în mediul înconjurător de către grupul de răcire prin intermediul unui ventilator **(2.5)**, refrigerant în fază lichidă, care după ce a fost răcit, este pompat de către o pompă **(2.6)** în sistem, o parte pompată în sistemul de schimbătoare de căldură ale unui electrolizor **(2)**, o parte către schimbătoarele de căldură al lichidului de răcire și lichidului de lubrifiere a motorului și o parte către răcitorul aerului de supraalimentare, lichid refrigerant care răcește gazele produse de electrolizor, într-un schimbător **(2.7)/(3.21)**, realizându-se în acest mod dezumidificarea acestora, pentru a fi introduse în motorul cu ardere internă, care răcește electrolitul electrolizorului, într-un schimbător de căldură termostatat **(2.8)/(3.3)**, plasat în partea superioară a rezervorului de electrolit, realizându-se în acest mod menținerea unei temperaturi optime de funcționare a electrolizei, și recuperarea căldurii de către subsistemul CRO, agent refrigerant, care la intrarea în răcitorul de aer **(2.9)/(1.3)** este trecut printr-un dispozitiv **(2.10)** și dacă aerul are o temperatură sub valoarea minimă, pentru care este necesară răcirea, atunci răcitorul de aer este by pass-at prin dispozitivul **(2.10)** și printr-o supapă **(2.11)**, care se închide către sistemul de recirculare gaze arse **(2.12)/(1.6)**, unindu-se circuitele lichidului de răcire a motorului, lichidului de lubrifiere și a electrolizorului, agentul refrigerant fiind trimis din acest dispozitiv către sistemul de recirculare gaze arse **(2.12)/(1.6)**, când temperatura aerului de supraalimentare are o valoare superioară temperaturii minime, atunci supapa **(2.11)**, se deschide și lichidul refrigerant pătrunde în răcitorul de aer **(2.9)/(1.3)** și după realizarea schimburilor de căldură cu lichidul de răcire al motorului, cu lichidul de lubrifiere și cu electrolizorul, agentul refrigerant este trimis din dispozitivul **(2.10)** către schimbătorul de căldură al sistemului **(2.12)/(1.6)**, agent refrigerant, care după realizarea schimbului de căldură cu aerul de supraalimentare, respectiv cu gazele arse recirculate, este colectat în stare

bifazică de către o pompă cu piston (2.13), care-l pompează mai departe într-un schimbător de căldură de temperatură ridicată (2.14), unde are loc supraîncălzirea vaporilor agentului refrigerant, vapori supraîncălziți, care sunt destinați în expanderul (2.1), care produce lucrul mecanic necesar antrenării generatorului (2.2), expander, pentru a cărui oprire este prevăzută o supapă (2.15), care by pass-ează, atât expanderul, cât și schimbătorul de căldură (2.14), situație care apare normal la procedura de oprire a motorului, sau atunci când răcirea motorului este deficitară în mod accidental, de exemplu la defectarea expanderului.

9. Procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, conform revendicărilor 1, 2, 3, 6, 7 și 8, **caracterizat prin aceea că**, electroliza are loc în electrolizor, într-un pachet de celule aparținând unui rezervor (3.1), prin care circulă electrolitul condiționat și după condiționarea hidrogenului și oxigenului, respectiv a amestecului gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, aceste gaze sunt stocate în niște rezervoare (3.3) și (3.4), electrolizor, care este prevăzut cu niște senzorii de temperatură ai electrolitului (3.5) și (3.6) ai gazelor produse, un senzor de nivel electrolit (3.20), precum și cu niște senzori de presiune (3.7), (3.8), (3.9) și (3.10), informațiile furnizate fiind analizate de sistemul de monitorizare/comandă (4), hidrogen sau amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, care este injectat în motor prin intermediul unui sistem de injecție (3.11), sistem care este prevăzut cu o electrovalvă de închidere/deschidere (3.12), și cu un sistem de protecție antiexplozivă (3.13), electrovalvă (3.12), care are două funcții, aceea de a ajusta debitul de hidrogen sau de amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen, în funcție de presiunea aerului de supraalimentare și de a realiza închiderea circuitului de alimentare cu hidrogen sau cu amestec gazos stoichiometric de hidrogen și oxigen la regimurile de scădere a sarcinii și turației, adică la regimurile tranzitorii de decelerare, electrovalvă, care rămâne închisă, atât pe regimul de RELANTI, cât și pe regimul de mers în gol, atunci când generatorul grupului electrogen (5) nu debitează energie electrică spre o rețea (8), și evident pe toată durata opririi motorului, iar în cazul producerii separate de hidrogen și oxigen, acesta din urmă este injectat în galeria de admisie printr-

un sistem de injecție (3.14), care are prevăzută o supapă de sens, pentru evitarea „întoarcerii aerului cald” spre rezervoarele electrolizorului.

10. Procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, conform revendicărilor 1, 2, 3, 6, 7, 8 și 9, **caracterizat prin aceea că**, dispozitivul de cuplare-decuplare (6), prin care se realizează debitarea energiei electrice produsă de generatorul (2.2) și stocată în sistemul de stocare a energiei electrice, prin intermediul inverterului (7), încorporat în acesta, către un sumator electric (9) și mai departe către o rețea (8), împreună cu energia provenită de la generatorul grupului electrogen (5), se realizează și alimentarea cu energie electrică a electrolizorului (2), de la sistemul de stocare a energiei electrice (10), care funcționează după un ciclu Rankine organic, în sine cunoscut, de recuperare a căldurii evacuate de un motor cu ardere internă.
11. Procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, conform revendicărilor 1, 2, 4, 5, 7, 8, 9 și 10, **caracterizat prin aceea că**, lucrul mecanic produs de motor este transmis printr-o cutie de transmisie (12), care este și sumator mecanic, către o roată motrice (14), prin intermediul unui diferențial (13) și a unui cuplaj (11), sumator care se poate cupla/decupla, prin intermediul transmisiei (2.16) și a cuplajului electromagnetic (15) de expanderul (2.1) al subsistemului CRO (2), expander care nu mai este cuplat permanent cu generatorul (2.2), ci este cuplat, în funcție de regimul de operare, de generatorul (2.2), prin intermediul excitației de generator (2.17), generator (2.2), care este cuplat, în funcție de regimul de operare, de sistemul de stocare a energiei electrice (10), prin intermediul inverterului (7), care conține un redresor (16).
12. Procedeu de recuperare și de utilizare a căldurii evacuate de motoare cu ardere internă, conform revendicărilor 1, 2, 7, 8, 9, 10 și 11, **caracterizat prin aceea că**, la vehiculele hibride există un singur dispozitiv de cuplare-decuplare (19), unde motorul cu ardere internă funcționează într-o plajă restrânsă de turații și sarcini, pentru obținerea unor consumuri specifice cât mai scăzute, lucrul mecanic se transmite către un generator (5), care la rândul

său furnizează energie electrică, prin intermediul cuplajului electric **(17)**, a unui generator-motor electric **(18)** și mai departe diferențialului **(13)** către roata motrice **(14)**, generator care este cuplat permanent cu expanderul **(2.1)**, iar dispozitivul de cuplare-decuplare realizează comutarea funcționării sistemului CROE când pe „electroliză”, când pe „sistemul de stocare a energiei electrice”, când și „pe sistemul de stocare a energiei electrice și pe electroliză”, cu cuplarea-decuplarea generatorului **(2.2)**, în funcție de nivelul de încărcare al sistemului de stocare a energiei electrice **(10)**, generator care va debita energie electrică, la regimul de frânare, către sistemul de stocare a energiei electrice, prin intermediul unui dispozitiv **(19)**, astfel că sistemul CROE va folosi, în acest mod, energia recuperată atât de la generator-motorul **(18)**, în regimul de frânare, cât și de la generatorul **(2.2)**, în regimul de decelerare al motorului.

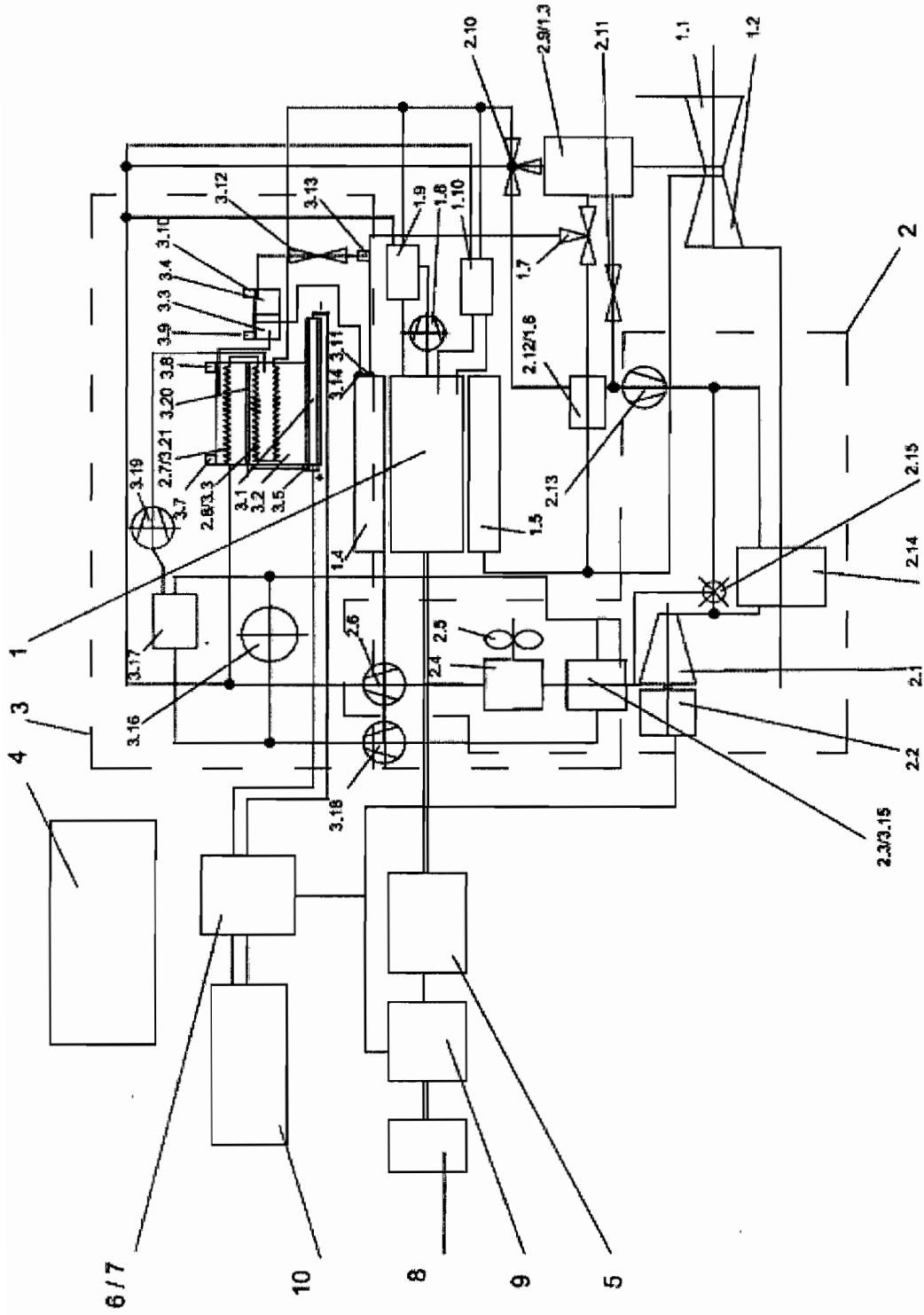


Figura 1

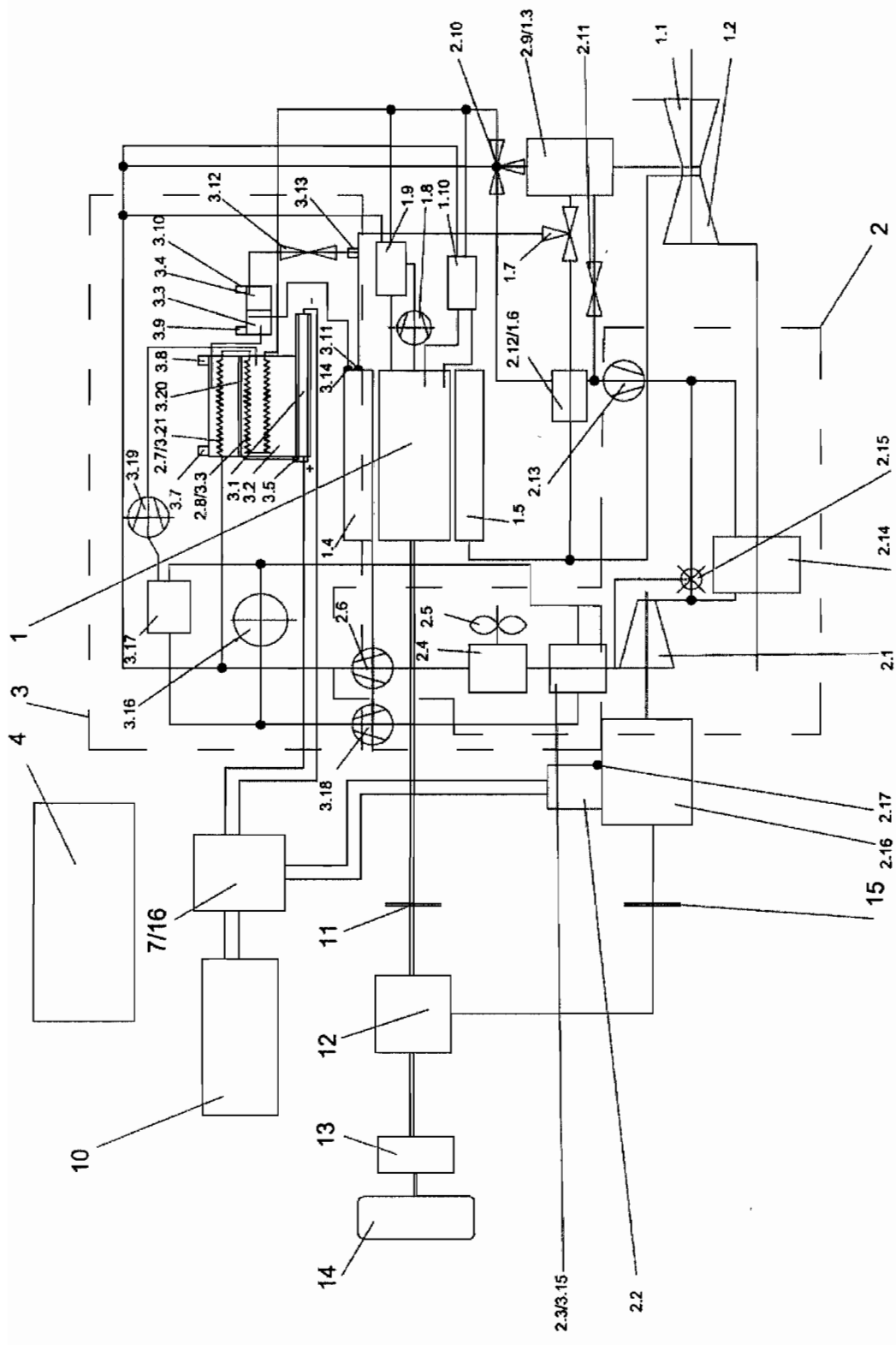


Figura 2

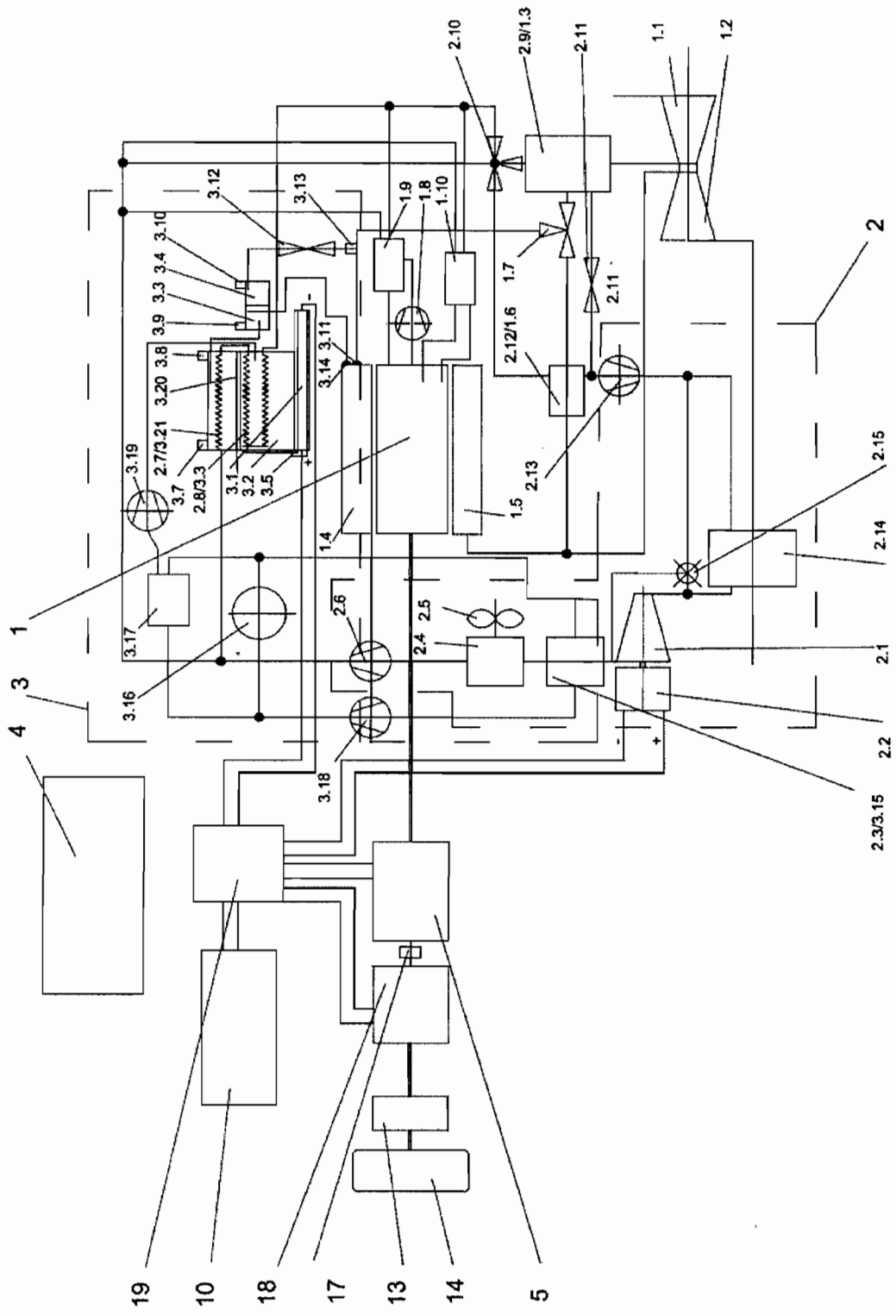


Figura 3

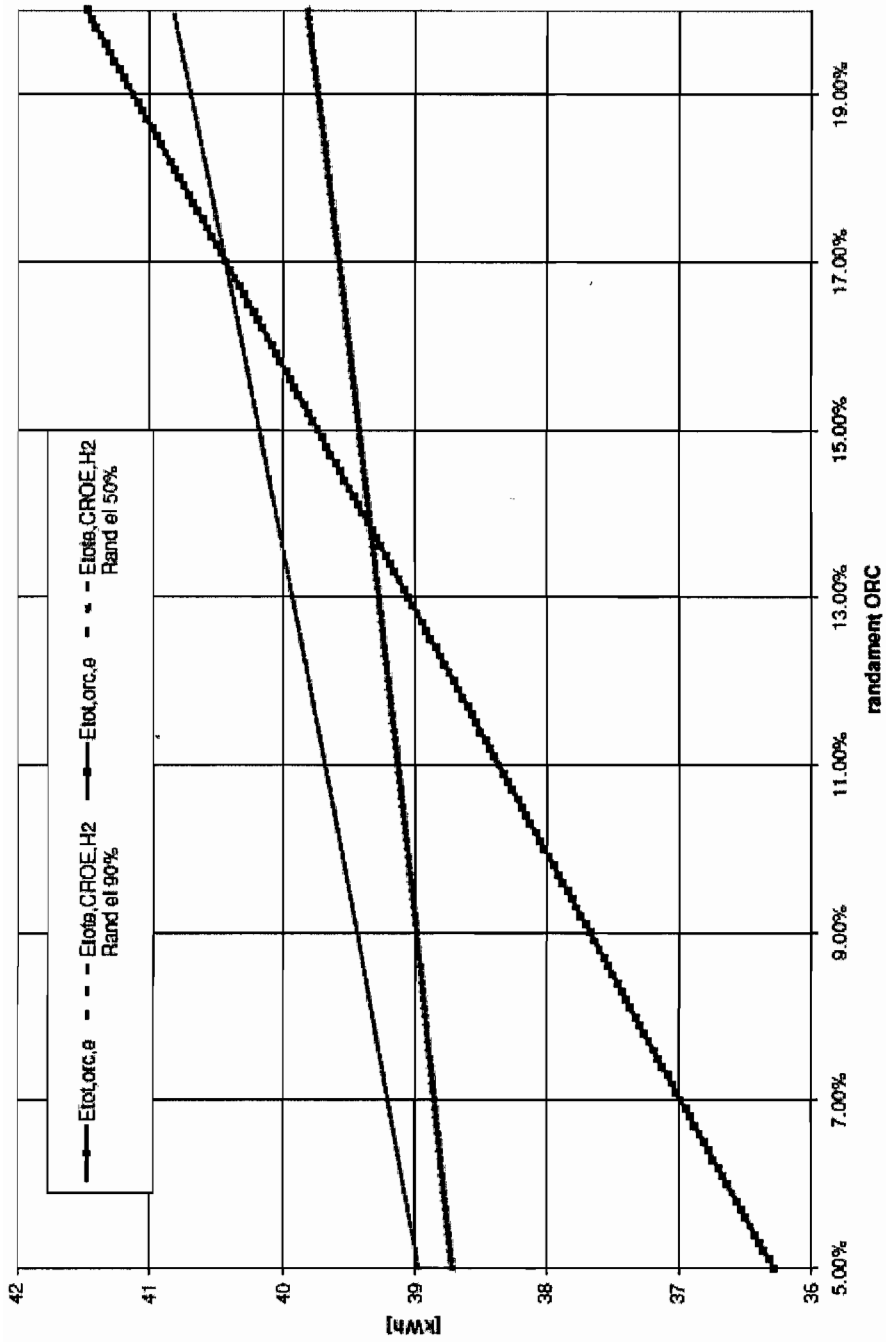


Figura 4

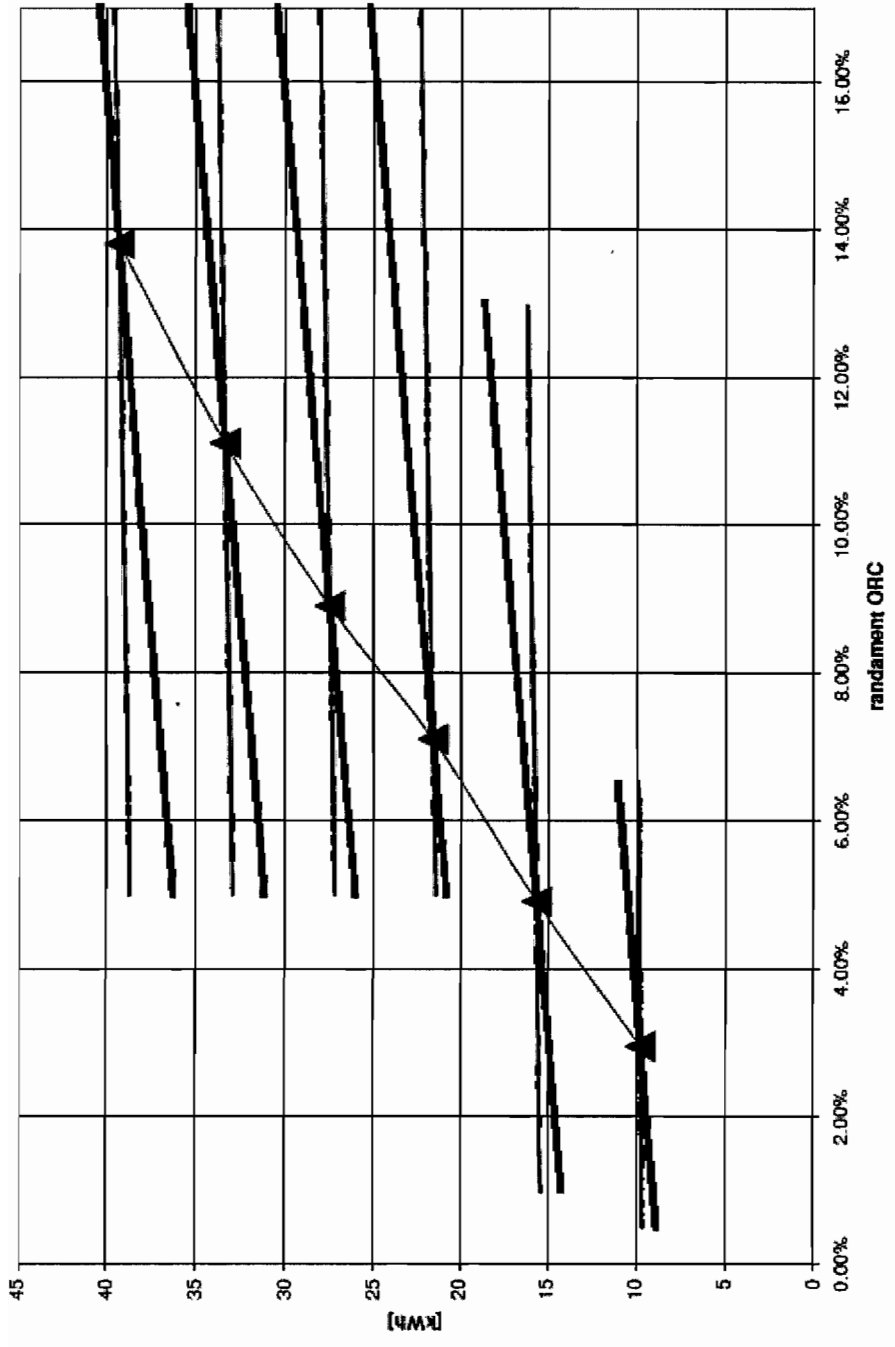


Figura 5

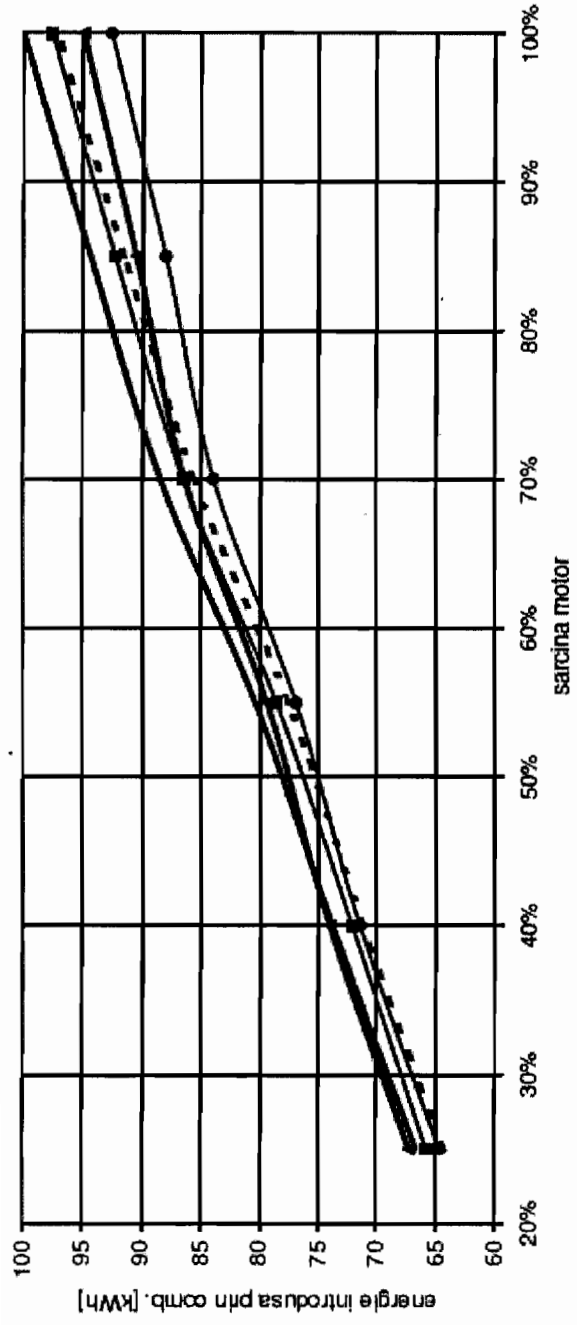


Figura 6

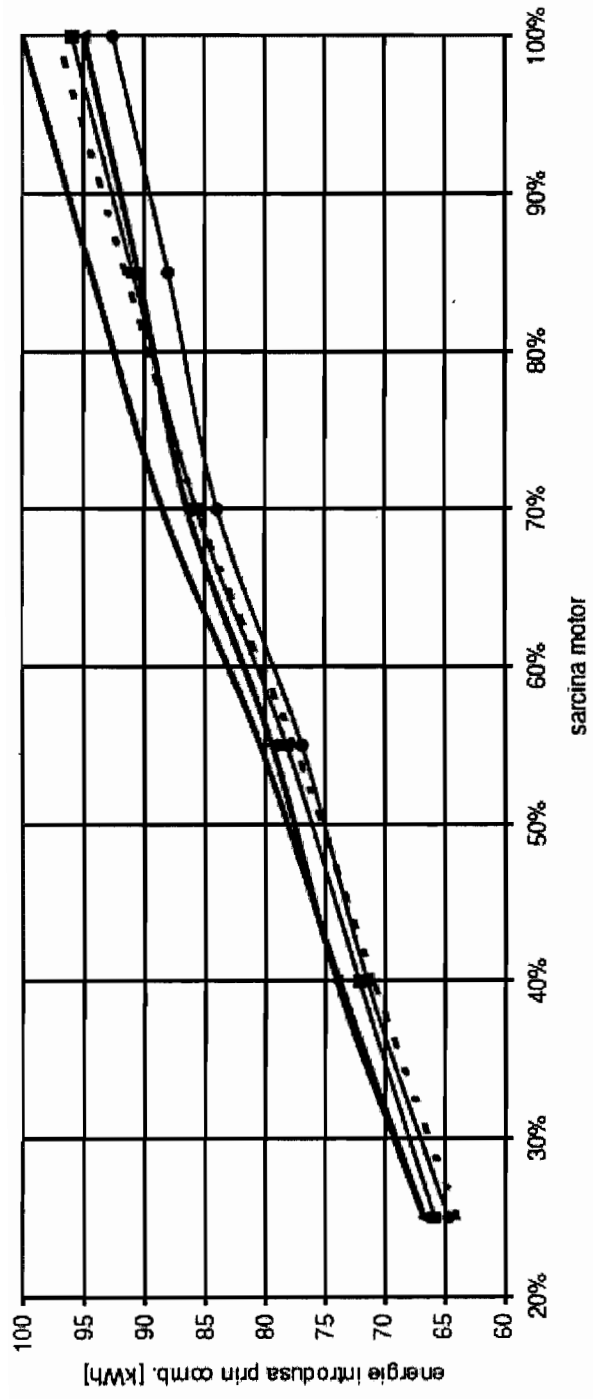


Figura 7

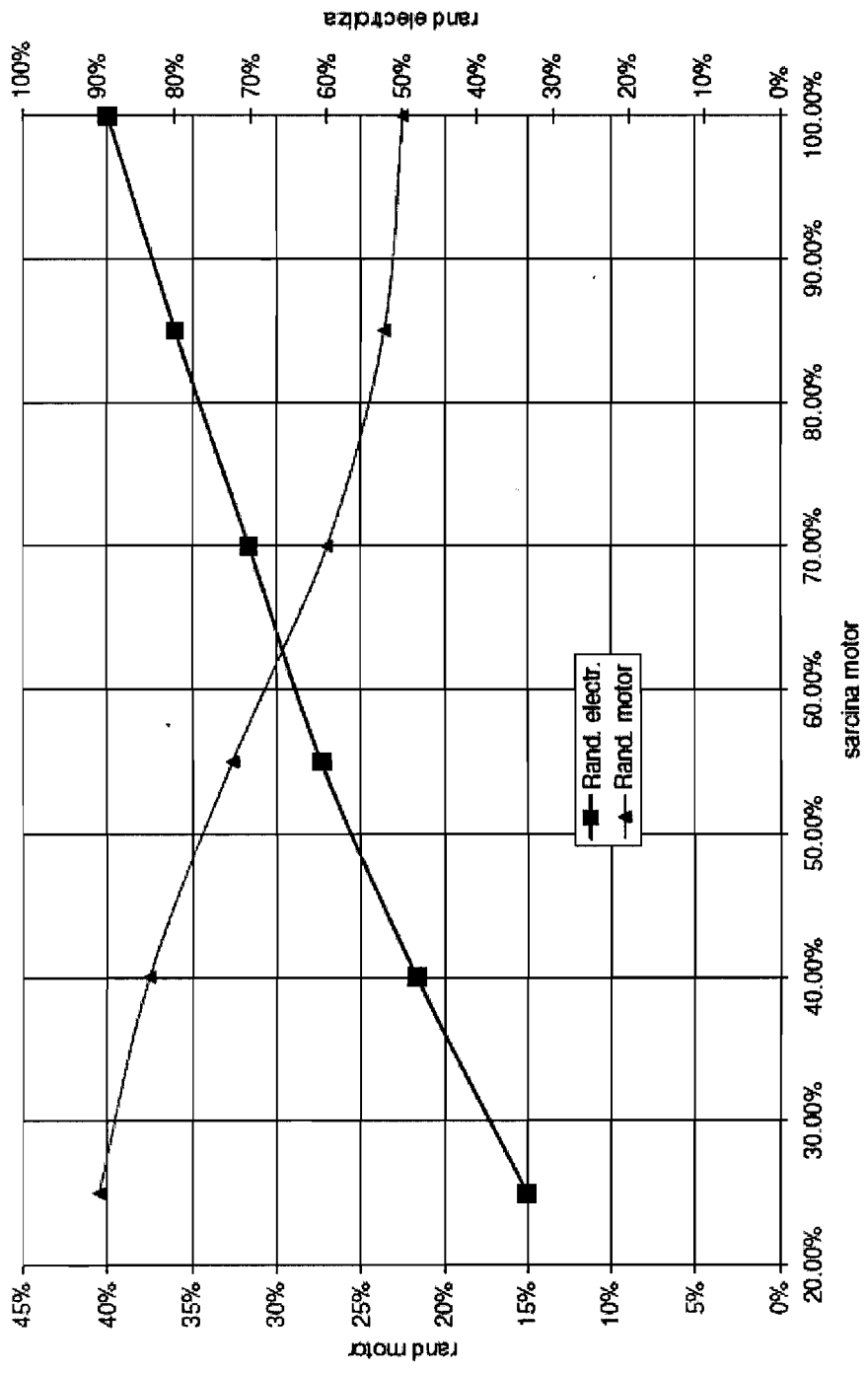


Figura 8