



(11) **RO 131164 B1**

(51) **Int.Cl.**

H01M 16/00 (2006.01),

H01M 8/04 (2006.01),

H01M 10/44 (2006.01),

B60L 11/18 (2006.01)

(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2015 01005**

(22) Data de depozit: **15/12/2015**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/12/2018** BOPI nr. **12/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/05/2016 BOPI nr. **5/2016**

(73) Titular:
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
TEHNOLOGII CRIOGENICE ȘI IZOTOPICE
- ICSI RÂMNICU VÂLCEA, STR. UZINEI
NR. 4, RÂURENI, VL, RO**

(72) Inventatori:
• **RĂCEANU MIRCEA, STR.SUB COASTĂ
NR.2, BĂILE OLĂNEȘTI, VL, RO;**
• **ILIESCU MARIANA, ALEEA CĂCORILOR
NR. 2, BL. 21, SC. B, ET. 4, AP. 17,
RÂMNICU-VÂLCEA, VL, RO;**
• **CULCER MIHAIL,
STR. GRIGORE PROCOPIU NR. 4, BL. 18,
SC. D, ET. 2,
AP. 5, RÂMNICU-VÂLCEA, VL, RO;**

• **ENACHE ADRIAN, STR. COL. BADESCU
NR. 11, BL. CAPELA, SC. A, AP. 1,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;**
• **VARLAM MIHAI, STR. V.OLĂNESCU
NR. 14, BL.C10, SC.B, ET.1, AP.13,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;**
• **ȘTEFĂNESCU IOAN,
BD.NICOLAE BĂLCESCU NR.4,
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;**
• **STANCIU VASILE,
STR.CALEA LUI TRAIAN NR.135, BL.N2,
SC.A, ET.3, AP.9, RÂMNICU VÂLCEA, VL,
RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 2006/0240291 A1; US 2008/0152974 A1

(54) **METODĂ ȘI ALGORITM DE MANAGEMENT ENERGETIC
PENTRU O SURSĂ AUXILIARĂ DE PUTERE CU TOPOLOGIE
HIBRIDĂ, ALIMENTATĂ CU HIDROGEN**



RO 131164 B1

1 Invenția se referă la o metodă și la un algoritm de management energetic pentru o
2 unitate auxiliară de putere de până la maximum 5 kW, cu ansamblu de pile de combustibil
3 cu hidrogen, convertor c.c. și ultracapacitor, implementate pe o unitate electronică de control,
4 și care, pe baza caracteristicii eficiență-putere a ansamblului de pile de combustibil (APC),
5 permite funcționarea pe o sarcină caracterizată de regimuri tranzitorii rapide. Unitatea
6 auxiliară de putere este destinată să alimenteze cu energia necesară o aplicație mobilă sau
7 staționară.

8 Sursa principală de energie este un ansamblu de pile de combustibil (APC) de tip
9 PEM, alimentat cu hidrogen și aer. Pe lângă reacțiile electrochimice care au loc în interiorul
10 celulelor, caracteristicile tensiune-curent ale pilelor de combustibil sunt determinate de
11 echipamentele utilizate pentru controlul presiunii, temperaturii și umidității în celule, toate
12 acestea concurând la încetinirea răspunsului ansamblului de pile de combustibil la regimurile
13 tranzitorii ale sarcinii. Pentru compensarea capacității reduse de răspuns la variații rapide
14 de sarcină este nevoie de un sistem auxiliar de stocare a energiei (ESS- Energy Storage
15 System), capabil să preia vârfurile de sarcină (peak shaving). Datorită faptului că au o
16 rezistență internă foarte scăzută și înmagazinează electrostatic energia, ultracapacitoarele
17 se caracterizează printr-o densitate de putere mare, viteză de încărcare/descărcare foarte
18 mare și pierderi reduse, deci eficiență ridicată, ceea ce le recomandă spre a fi utilizate drept
19 dispozitive de stocare a energiei electrice.

20 În literatura de specialitate se prezintă sisteme de alimentare hibride cu pile de
21 combustibil de tip PEM și ultracapacitoare, care sunt utilizate cel mai frecvent în aplicații
22 automotive (**B. Vural, A. R. Boynuegri, I. Nakir, O. Erdinc, A. Balikci, M. Uzunoglu,**
23 **H. Gorgun, S. Dusmez - "Fuel cell and ultra-capacitor hybridization: A prototype test**
24 **bench based analysis of different energy management strategies for vehicular**
25 **applications, în International Journal of Hydrogen Energy 35" (2010),**
26 **pag. 11161-11171; Patent Application US 2014/0145500 A1 - "Power Distribution Device**
27 **and Method for Fuel Cell - Supercapacitor Hybrid Vehicle"; Patent 2015**
28 **EP 2058918 B1 - "Hybrid Power Source"; Patent 2014 US 008738268 B2 - "Vehicle**
29 **Power management and Distribution"**), și fac referire atât la metode de partajare a puterii
30 între cele două dispozitive, activ și de stocare, cu sau fără recuperarea energiei de frânare,
31 cât și la mijloacele utilizate pentru implementarea acestor metode. O trăsătură comună
32 abordării problematicei gestiunii puterii în toate cazurile analizate este aceea a tratării numai
33 din punctul de vedere al asigurării profilului de sarcină, prin acțiuni de măsurare și control
34 exercitate asupra parametrilor funcționali ai ansamblului de pile de combustibil (debitul,
35 presiunea de alimentare și nivelul de umidificare al reactanților, temperatura de funcționare),
36 fără o preocupare asupra regimului de funcționare al acestuia. S-a demonstrat însă că
37 supunerea ansamblului de pile de combustibil la variații ample și rapide ale sarcinii determină
38 producerea în ansamblurile membrană-electrod MEA (Membrane-Electrode-Assembly) a
39 unor transformări ireversibile, care pot afecta drastic durata de viață normată a dispozitivului.

40 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în asigurarea funcționării
41 ansamblului de pile de combustibil cât mai aproape de punctul de eficiență maximă, în urma
42 divizării domeniului puterilor de lucru din caracteristica eficiență-putere în 5 subdomenii
43 având fiecare lățimea de circa 1 kw.

44 Metoda de management energetic aplicată pentru o unitate auxiliară de putere, ce
45 este alcătuită dintr-un ansamblu de pile de combustibil cu hidrogen, un convertor c.c. și un
46 ultracapacitor, conform invenției, este implementată pe o unitate electronică de control, pe
47 baza caracteristicii eficiență-putere a ansamblului de pile de combustibil (APC), și constă în
48 următoarele etape: se divizează domeniul puterilor de lucru din caracteristica eficiență-putere

RO 131164 B1

în 5 subdomenii, având fiecare lățimea de circa 1 kW, se setează punctul de funcționare a ansamblului de pile de combustibil (APC) pe fiecare subdomeniu în maximul local al eficienței, se setează punctul start al unității auxiliare de putere (APU) pe punctul de eficiență maximă, prin alimentarea ansamblului de pile de combustibil (APC) cu debitele corespunzătoare de reactanți, se monitorizează parametri de intrare și ieșire a unității auxiliare de putere (APU), se selectează secvența de operare corespunzătoare unui subdomeniu în funcție de necesarul de putere pe sarcină, se comută secvențele de operare sau se oprește sistemul în funcție de parametri de ieșire, se stabilește starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare, pe fiecare subdomeniu, la valoarea SoC = 50%, pentru a declanșa descărcarea acestuia, se restricționează starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare (UC) la cel puțin 20% pentru fiecare dintre cele 5 subdomenii, în scopul asigurării în orice moment a unei rezerve de energie stocată, și pentru a se prelungi durata de viață a ansamblului de pile de combustibil (APC).	1 3 5 7 9 11 13
Algoritmul de management energetic pentru implementarea metodei conform invenției utilizează trei bucle de reglare tip Proporțional-Integral (PI): pentru controlul debitelor reactanților, controlul curentului de încărcare al ultracapacitorului (UC) și pentru controlul tensiunii pe magistrala de c.c., pe fiecare subdomeniu, și include următorii pași:	15 17
- dacă puterea necesară pe sarcină depășește disponibilul de putere furnizat de ansamblul de pile de combustibil (APC), diferența va fi furnizată prin descărcarea ansamblului de ultracapacitoare (UC), câtă vreme starea lor de încărcare nu scade sub valoarea SoC = 20%;	19 21
- dacă puterea necesară pe sarcină are o valoare mai mică decât puterea generată de ansamblul de pile de combustibil (APC), și ansamblul de ultracapacitoare (UC) nu este complet încărcat, se comandă încărcarea acestuia, iar dacă ansamblul de ultracapacitoare (UC) este complet încărcat, se trece pe subdomeniul de putere inferior;	23 25
- dacă starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare (UC) este cuprinsă între 20% și 50%, se comandă stabilirea punctului de funcționare al ansamblului de pile de combustibil (APC) pe subdomeniul de putere superior, și continuarea încărcării ansamblului de ultracapacitoare (UC), iar dacă noul nivel de putere setat depășește necesarul de putere pe sarcină, încărcarea ansamblului de ultracapacitoare (UC) continuă până la încărcarea completă.	27 29 31
Avantajele invenției sunt următoarele:	
- dinamică redusă a excursiei de putere la ieșirea ansamblului de pile de combustibil;	33
- reducerea consumului de hidrogen datorită funcționării în punctele de eficiență maximă;	35
- prelungirea duratei de viață normală a dispozitivului.	
Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției în legătură cu fig. 1...6, ce reprezintă:	37
- fig. 1, schema bloc a unității auxiliare de putere (APU) în configurație hibridă ansamblu de pile de combustibil - ultracapacitor (APC-UC);	39
- fig. 2, caracteristica tensiune (putere) - curent a ansamblului de pile de combustibil (APC);	41
- fig. 3, debitul reactanților consumați în funcție de puterea generată;	43
- fig. 4, caracteristica eficiență-putere a APU;	
- fig. 5, schema logică a rutinei principale;	45
- fig. 6, schema logică a unei subrutine (2).	

RO 131164 B1

Potrivit invenției, obiectivul APU este de a furniza în orice moment puterea necesară pe sarcină în condiții de eficiență cât mai ridicată, asigurând totodată funcționarea APC într-un regim cât mai apropiat de cel staționar, simultan cu menținerea stării de încărcare (SoC-State of Charge) a ultracapacitorului la valori mai mari de 20%. Starea de încărcare se definește ca raportul dintre tensiunea momentană pe ultracapacitor și tensiunea nominală de încărcare, și are valori cuprinse între 0 (UC complet descărcat) și 100% (UC încărcat complet).

Strategia avută în vedere pentru repartizarea energiei de alimentare a sarcinii între cei doi furnizori, APC și UC, este concepută astfel încât să asigure îndeplinirea obiectivului menționat.

Unitatea auxiliară de putere este structurată pe o configurație hibridă cu magistrala unică de curent continuu (Single DC BUS), care oferă avantajul posibilității facile de interconectare a mai multor surse de energie, astfel încât să se asigure în modul cel mai eficient satisfacerea profilului de sarcină. Pe DC BUS se conectează generatorul de energie **1** realizat cu un ansamblu de pile de combustibil de tip PEM, și o unitate de stocare a energiei **2** realizată cu un ansamblu de ultracapacitoare (UC). APC este destinat să furnizeze energie pe sarcină **3** în mod continuu, și lucrează cel mai bine în regim staționar, iar ansamblul UC **2** este capabil să susțină variațiile rapide de sarcină, și să asigure concomitent pentru APC un regim de funcționare cât mai apropiat de cel staționar.

APC **1** se conectează la magistrala DC prin intermediul unui convertor ridicător de tensiune (boost converter) DC/DC unidirecțional, Conv_APC **11**. UC **2** se conectează la APC **1** prin intermediul unui convertor DC/DC unidirecțional pentru încărcare, Conv_UC_inc **21**, și la magistrala DC prin intermediul unui convertor DC/DC unidirecțional pentru descărcare, Conv_UC_desc **22**. Convertoarele **21** și **22** pot fi înlocuite cu un singur convertor DC/DC bidirecțional, care să realizeze funcțiile ambelor.

Condițiile de funcționare ale APC **1** sunt asigurate de un ansamblu BoP (Balance of Plant), care trebuie să realizeze:

- alimentarea cu hidrogen - prin intermediul controlerului de debit **14**;
- alimentarea cu aer - prin intermediul controlerului de debit **15**;
- umidificarea reactanților - prin intermediul umidificatorului **13**;
- controlul temperaturii de funcționare - prin intermediul subsistemului de management termic **12**.

Algoritmul de management energetic elaborat în conformitate cu strategia stabilită pentru îndeplinirea obiectivului general al APU, menționat anterior, este implementat pe unitatea electronică de control UEC **4**. Aceasta asigură gestionarea funcționării APU pe baza valorilor parametrilor electrici mășurați din sistem (curenți și tensiuni), după cum urmează: curentul I_{load} **31** și tensiunea V_{load} **32** pe sarcina **3**, curentul I_{APC} **16** și tensiunea V_{APC} **18** la ieșirea APC, curentul I_{APC1} **17** la intrarea convertorului Conv_APC **11** și curentul I_{APC2} **34** la ieșirea acestuia, curentul de încărcare la intrarea convertorului Conv_UC_inc **21**, I_{UC_inc1} **19**, și la ieșirea lui, I_{UC_inc2} **24**, tensiunea V_{UC} **23** pe ultracapacitorul **2**, curentul de descărcare I_{UC_desc1} la intrarea convertorului Conv_UC_desc **22**, și curentul I_{UC_desc2} **25** la ieșirea acestuia.

Strategia de management energetic prevede faptul că puterea pe sarcină în orice moment, $P_{load}(t)$, trebuie să fie furnizată de către ansamblul de pile de combustibil, $P_{APC}(t)$, și de către ansamblul de ultracapacitoare, $P_{UC}(t)$, astfel încât pe magistrala de curent continuu să fie îndeplinită condiția de echilibru:

$$P_{APC}(t) \cdot \eta_{APC} \cdot \eta_{FC/B} + P_{UC}(t) \cdot \eta_{UC} \cdot \eta_{FC/UC} \cdot \eta_{UC/B} = P_{load}(t), \forall t \quad (i)$$

în care η_{APC} , $\eta_{FC/B}$, η_{UC} , $\eta_{APC/UC}$, $\eta_{UC/B}$ reprezintă eficiența ansamblului de pile de combustibil - APC **1**, eficiența convertorului Conv_APC **11**, eficiența ansamblului de ultracapacitoare UC **2**, eficiența convertorului Conv_UC_inc **21** și, respectiv, eficiența convertorului Conv_UC_desc **22**.

RO 131164 B1

Controlul fluxului de putere în APU este realizat prin controlul intrărilor analogice ($I_{A_{APC}}$, $I_{A_{UC_inc}}$ și $I_{A_{UC_desc}}$) și al intrărilor digitale (ID_{APC} , ID_{UC_inc} și ID_{UC_desc}) ale celor trei convertoare, respectiv, Conv_APC 11, Conv_UC_inc 21 și Conv_UC_desc 22.

În vederea stabilirii algoritmului de management energetic, se pornește de la caracteristicile tensiune-curent, debit de alimentare - putere și eficiență - putere ale ansamblului de pile de combustibil APC 1.

Eficiența energetică a APU se definește drept raportul dintre energia electrică produsă și cea care s-ar fi putut produce prin arderea hidrogenului consumat de ansamblul de pile de combustibil. Rezultă pe baza definiției că operarea cu eficiența mai mare este echivalentă cu operarea cu consum de combustibil mai redus.

În fig. 4 se prezintă caracteristica eficiență-putere a APU. Se observă existența unei zone operaționale în care eficiența este maximă (pentru o putere de circa 1850 W, eficiența are valoarea $\eta = 0,63$), precum și a alteia, corespunzătoare puterilor mici, în care valoarea eficienței este inacceptabil de redusă, datorită faptului că puterea generată este utilizată pentru compensarea pierderilor sistemului. Pentru a evita operarea în zona de eficiență redusă, la pornirea sistemului, punctul de operare al acestuia va fi setat în punctul corespunzător eficienței maxime, prin alimentarea APC cu debitele de hidrogen și aer corespunzătoare.

Algoritmul de management energetic adoptat prevede restrângerea dinamicii puterii generate de ansamblul de pile de combustibil 1, și fixarea limitelor stării de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare 2 între valorile 20% și 100%, astfel încât să existe în orice moment o rezervă de energie stocată. Acest algoritm este implementat într-o rutină principală și 5 subrutine.

În fig. 5 se prezintă schema logică a rutinei principale.

Pentru a se reduce amplitudinea tranzițiilor puterii generate, domeniul de variație al acesteia se împarte într-un număr de subdomenii aproximativ egale (5 subdomenii în cazul ansamblului de pile de combustibil având puterea generată maximă de 5 kW), puterea generată pe fiecare subdomeniu fiind setată la valoarea corespunzătoare maximului local al eficienței pe acel subdomeniu. Pe fiecare subdomeniu, dacă puterea necesară pe sarcină depășește disponibilul de putere pe APC, diferența va fi furnizată prin descărcarea ansamblului de ultracapacitoare 2, câtă vreme starea lor de încărcare nu scade sub valoarea SoC = 20%.

În tabelul de mai jos se prezintă în mod sintetic datele referitoare la parametrii de intrare (debitele reactanților) și de ieșire (curentul, tensiunea și puterea furnizată) ai ansamblului de pile de combustibil corespunzătorii maximului local al eficienței pe fiecare dintre cele 5 subdomenii ale puterii furnizate.

Tabelul parametrilor de intrare și de ieșire ai ansamblului de pile de combustibil corespunzătorii maximului local al eficienței pe fiecare dintre cele 5 subdomenii ale puterii furnizate

Zona	Maximul local al eficienței [%]	Consum Hidrogen [SLPM]	Consum Aer [SLPM]	Tensiune APC [V]	Curent APC [A]	Putere APC [W]
Zona 1	50	10.2	41.3	34.1	29.5	1005
Zona 2	63	21.5	84.2	30.3	61.1	1850
Zona 3	46	40.4	156.7	27.7	108	3000
Zona 4	42	56.7	217	26.5	151	4000
Zona 5	39	75.3	289	25	200	5000

RO 131164 B1

1 - SLMP - Standard litre per minute

2 În fig. 6 se prezintă spre exemplificare schema logică a subrutinei **2**, cu mențiunea
3 că toate cele 5 subrutine sunt identice din punct de vedere logic, diferențierea făcându-se
4 doar în ceea ce privește valoarea parametrilor de intrare, care determină poziționarea
5 punctului de funcționare al ansamblului de pile de combustibil **2** pe unul sau altul dintre
6 subdomeniile puterii generate.

7 La pornire, debitele de alimentare cu reactanți sunt setate la valoarea corespun-
8 zătoare punctului de operare cu eficiență maximă. Dacă puterea necesară pe sarcină are o
9 valoare mai mică decât puterea generată de ansamblul de pile de combustibil **1**, și ansamblul
10 de ultracapacitoare **2** nu este complet încărcat, se comandă încărcarea acestuia la un curent
11 a cărui valoare este dată de relația (ii):

$$I_{UC_inc1}(19) = I_{APC}(16) - I_{APC1}(17) \quad (ii)$$

12 Dacă ansamblul de ultracapacitoare **2** este complet încărcat, se trece pe
13 subdomeniul de putere inferior.

14 Starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare **2** se consideră corespun-
15 zătoare pentru a declanșa descărcarea acestuia de îndată ce atinge valoarea SoC = 50%.
16 Curentul de descărcare este dat de relația (iii):

$$I_{UC_desc2}(25) = I_{load}(31) - I_{APC2}(34) \quad (iii)$$

17 Pentru valori ale stării de încărcare $20\% \leq \text{SoC} \leq 50\%$, algoritmul comandă stabilirea
18 punctului de funcționare al ansamblului de pile de combustibil APC **1** pe subdomeniul de
19 putere superior, și continuarea încărcării ansamblului de ultracapacitoare UC **2**. Dacă noul
20 nivel de putere setat depășește necesarul de putere pe sarcină, încărcarea ansamblului UC
21 **2** continuă până la atingerea valorii SoC = 100%.

22 Algoritmul de management energetic se materializează prin intermediul a trei bucle
23 de control, utilizând regulatoare de tip proporțional-integral (PI).

24 Prima buclă de control reglează fluxul de hidrogen și aer (H2_SP și Aer_SP) astfel
25 încât la ieșirea ansamblului de pile de combustibil să se obțină curentul necesar I_{APC} **16**
26 stabilit prin algoritmul de management (tabel).

27 A doua buclă de control este utilizată când ansamblul de pile de combustibil APC **1**
28 generează o putere mai mare decât cea consumată de sarcină, astfel încât UEC activează
29 intrarea digitală a Conv_UC_inc. și reglează semnalul analogic I_{UC_inc2} pentru a încărca în
30 ansamblul de ultracapacitoare UC **2** curentul I_{UC_inc1} **19**, conform relației (ii).

31 A treia buclă de control este utilizată când ansamblul de pile de combustibil APC **1**
32 generează o putere mai mică decât cea consumată de sarcină pentru menținerea unei
33 tensiuni constante pe magistrala DC. Unitatea electronică de control activează intrarea
34 digitală a Conv_UC_desc **22**, inactivează convertorul Conv_UC_inc **21** și reglează semnalul
35 analogic I_{UC_desc} astfel încât UC să injecteze pe magistrala DC curentul I_{UC_desc2} **25**, conform
36 relației (iii).
37

RO 131164 B1

Revendicări

1. Metodă de management energetic pentru o unitate auxiliară de putere, cu ansamblu de pile de combustibil cu hidrogen, convertor c.c. și ultracapacitor, **caracterizată prin aceea că** este implementată pe o unitate electronică de control și, pe baza caracteristicii eficiență-putere a ansamblului de pile de combustibil (1), constă în următoarele etape:
- se divizează domeniul puterilor de lucru din caracteristica eficiență-putere în 5 subdomenii având fiecare lățimea de circa 1 kW;
 - se setează punctul de funcționare al ansamblului de pile de combustibil (1) pe fiecare subdomeniu în maximul local al eficienței;
 - se setează punctul start al unității auxiliare de putere (APU) pe punctul de eficiență maximă, prin alimentarea ansamblului de pile de combustibil (1) cu debitele corespunzătoare de reactanți;
 - se monitorizează parametrii de intrare și ieșire a unității auxiliare de putere (APU);
 - se selectează secvența de operare corespunzătoare unui subdomeniu în funcție de necesarul de putere pe sarcină (3), se comută secvențele de operare sau se oprește sistemul în funcție de parametrii de ieșire;
 - se stabilește starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare, pe fiecare subdomeniu, la valoarea SoC = 50%, pentru a declanșa descărcarea acestuia;
 - se restricționează starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare (2) la cel puțin 20% pentru fiecare dintre cele 5 subdomenii, în scopul asigurării în orice moment a unei rezerve de energie stocată, și pentru a se prelungi durata de viață a ansamblului de pile de combustibil (1).
2. Algoritm de management energetic pentru implementarea metodei de la revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** utilizează trei bucle de reglare tip Proporțional-Integral (PI): pentru controlul debitelor reactanților, controlul curentului de încărcare al ultracapacitorului (2) și pentru controlul tensiunii pe magistrala de c.c., pe fiecare subdomeniu, și include următorii pași:
- dacă puterea necesară pe sarcină depășește disponibilul de putere furnizat de ansamblul de pile de combustibil (1), diferența va fi furnizată prin descărcarea ansamblului de ultracapacitoare (2), câtă vreme starea lor de încărcare nu scade sub valoarea SoC = 20%;
 - dacă puterea necesară pe sarcină are o valoare mai mică decât puterea generată de ansamblul de pile de combustibil (1), și ansamblul de ultracapacitoare (2) nu este complet încărcat, se comandă încărcarea acestuia, iar dacă ansamblul de ultracapacitoare (2) este complet încărcat, se trece pe subdomeniul de putere inferior;
 - dacă starea de încărcare a ansamblului de ultracapacitoare (2) este cuprinsă între 20% și 50%, se comandă stabilirea punctului de funcționare al ansamblului de pile de combustibil (1) pe subdomeniul de putere superior, și continuarea încărcării ansamblului de ultracapacitoare (2), iar dacă noul nivel de putere setat depășește necesarul de putere pe sarcină, încărcarea ansamblului de ultracapacitoare (2) continuă până la încărcarea completă.

(51) Int.Cl.
 H01M 16/00 (2006.01),
 H01M 8/04 (2006.01),
 H01M 10/44 (2006.01),
 B60L 11/18 (2006.01)

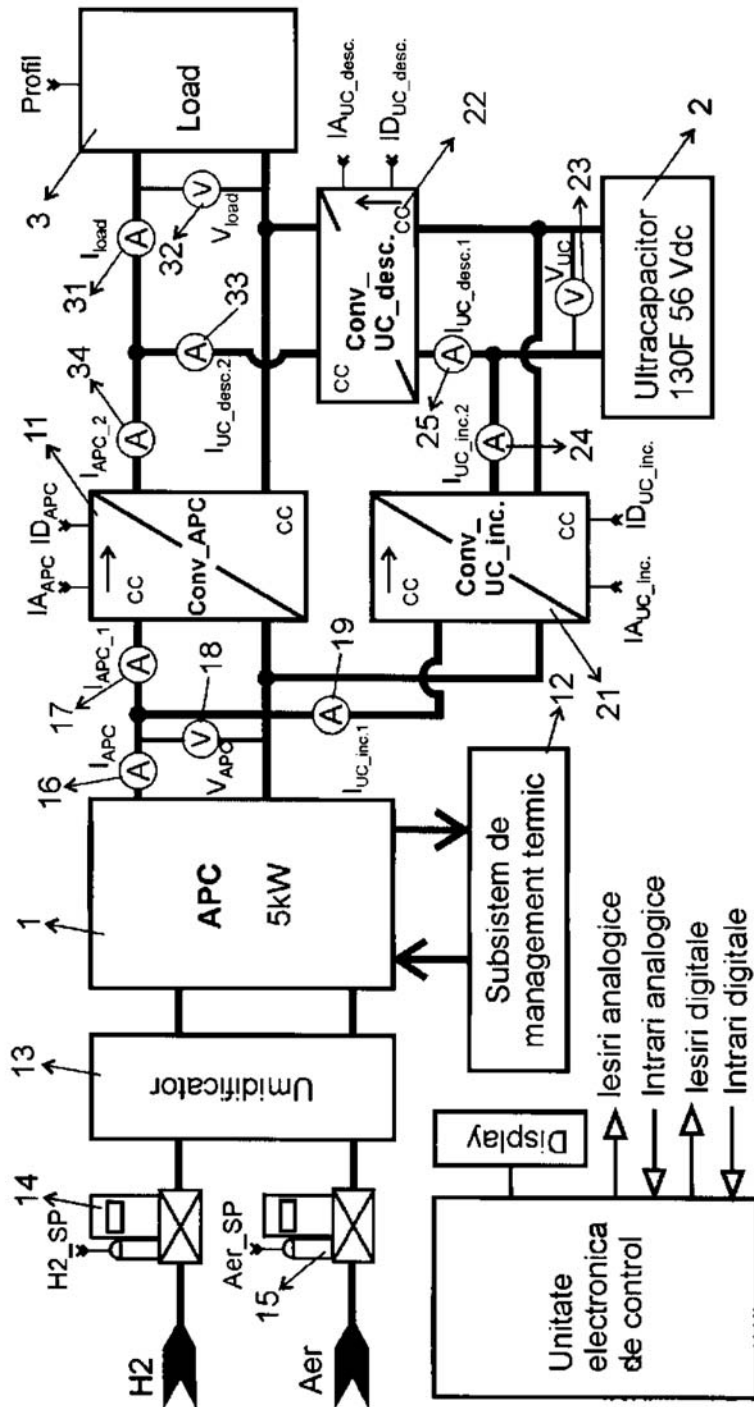


Fig. 1

(51) Int.Cl.
 H01M 16/00 (2006.01);
 H01M 8/04 (2006.01);
 H01M 10/44 (2006.01);
 B60L 11/18 (2006.01)

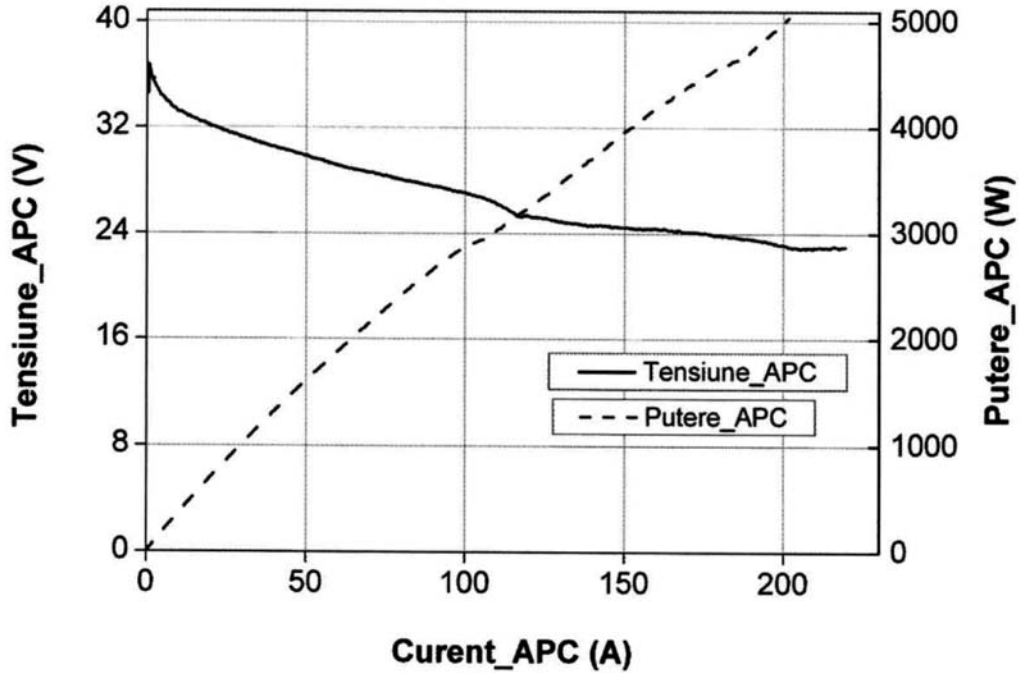


Fig. 2

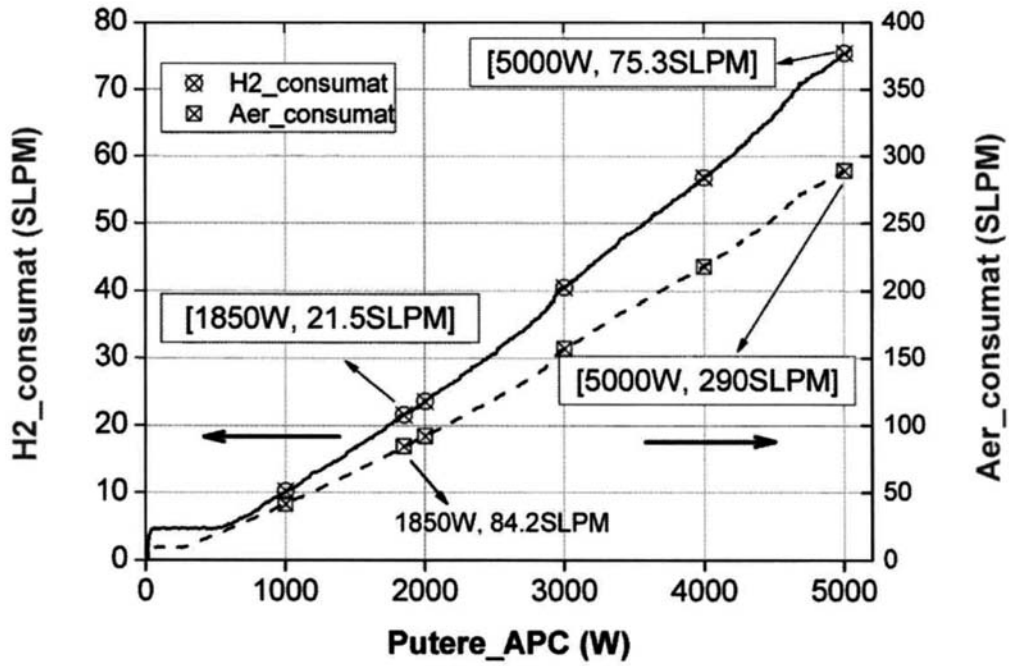


Fig. 3

RO 131164 B1

(51) Int.Cl.
H01M 16/00 (2006.01);
H01M 8/04 (2006.01);
H01M 10/44 (2006.01);
B60L 11/18 (2006.01)

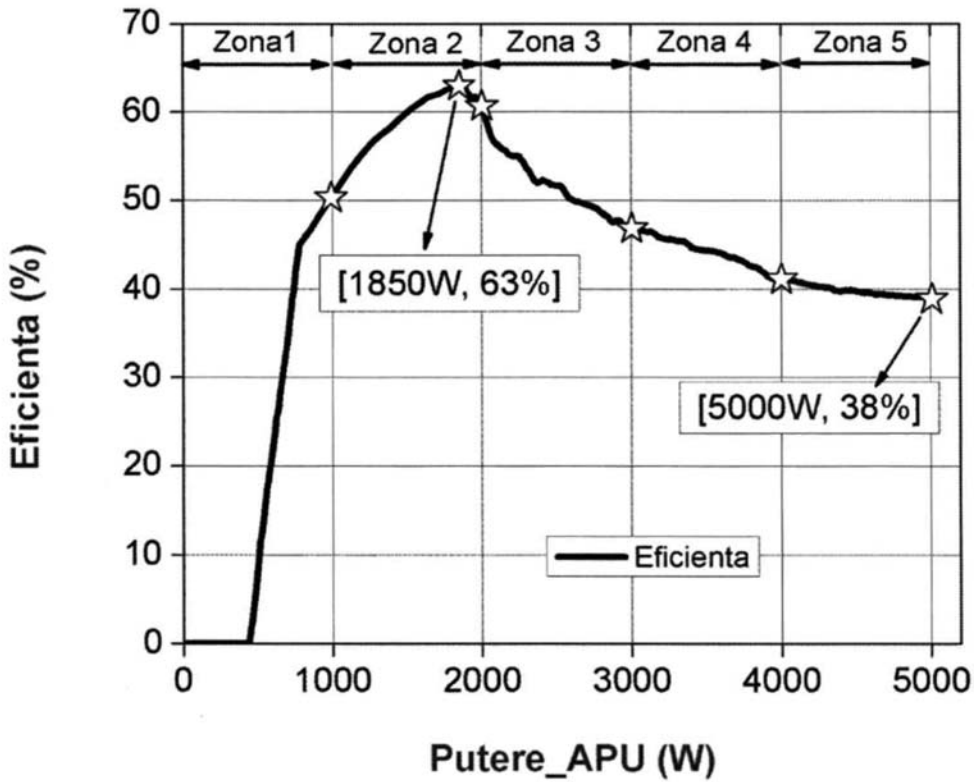


Fig. 4

(51) Int.Cl.
 H01M 16/00 (2006.01);
 H01M 8/04 (2006.01);
 H01M 10/44 (2006.01);
 B60L 11/18 (2006.01)

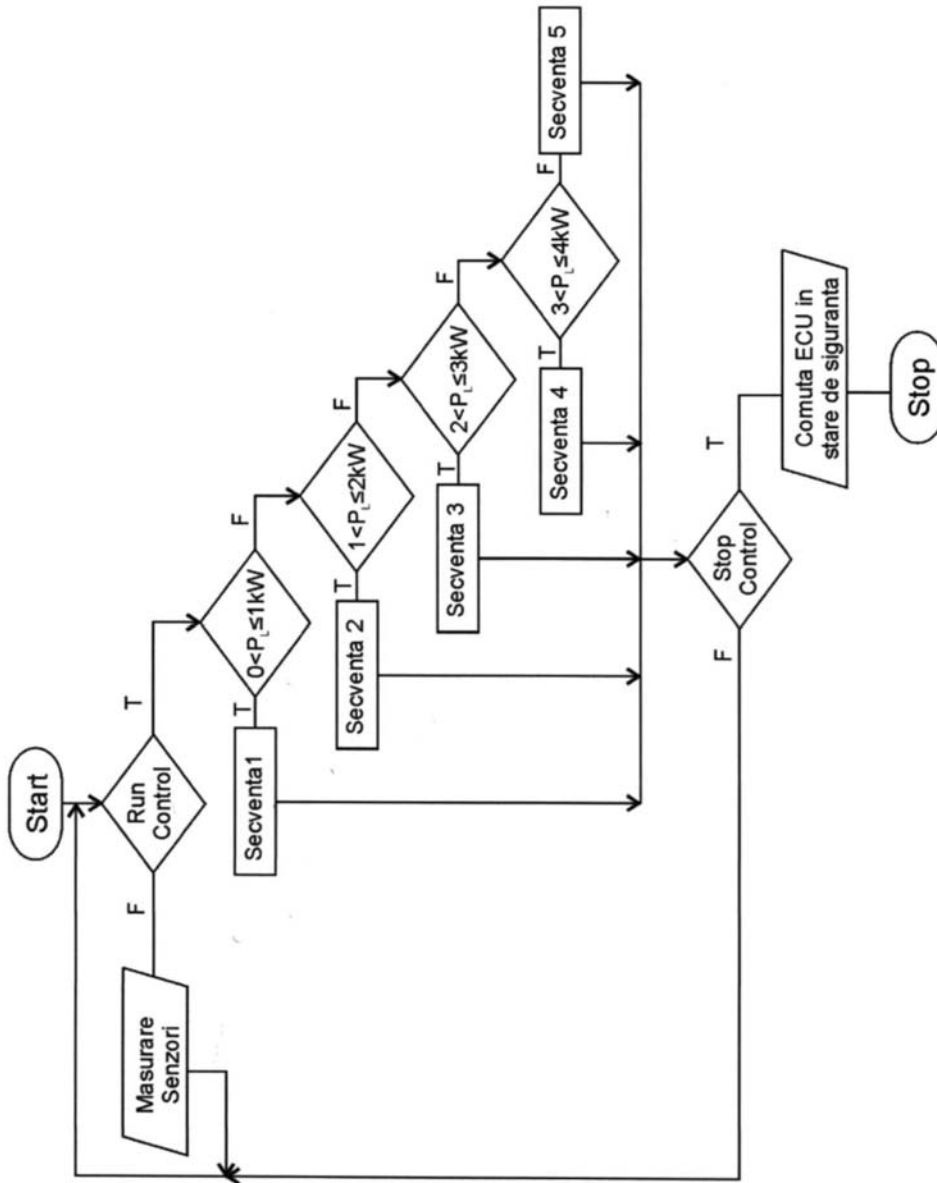


Fig. 5

(51) Int.Cl.
 H01M 16/00 (2006.01),
 H01M 8/04 (2006.01),
 H01M 10/44 (2006.01),
 B60L 11/18 (2006.01)

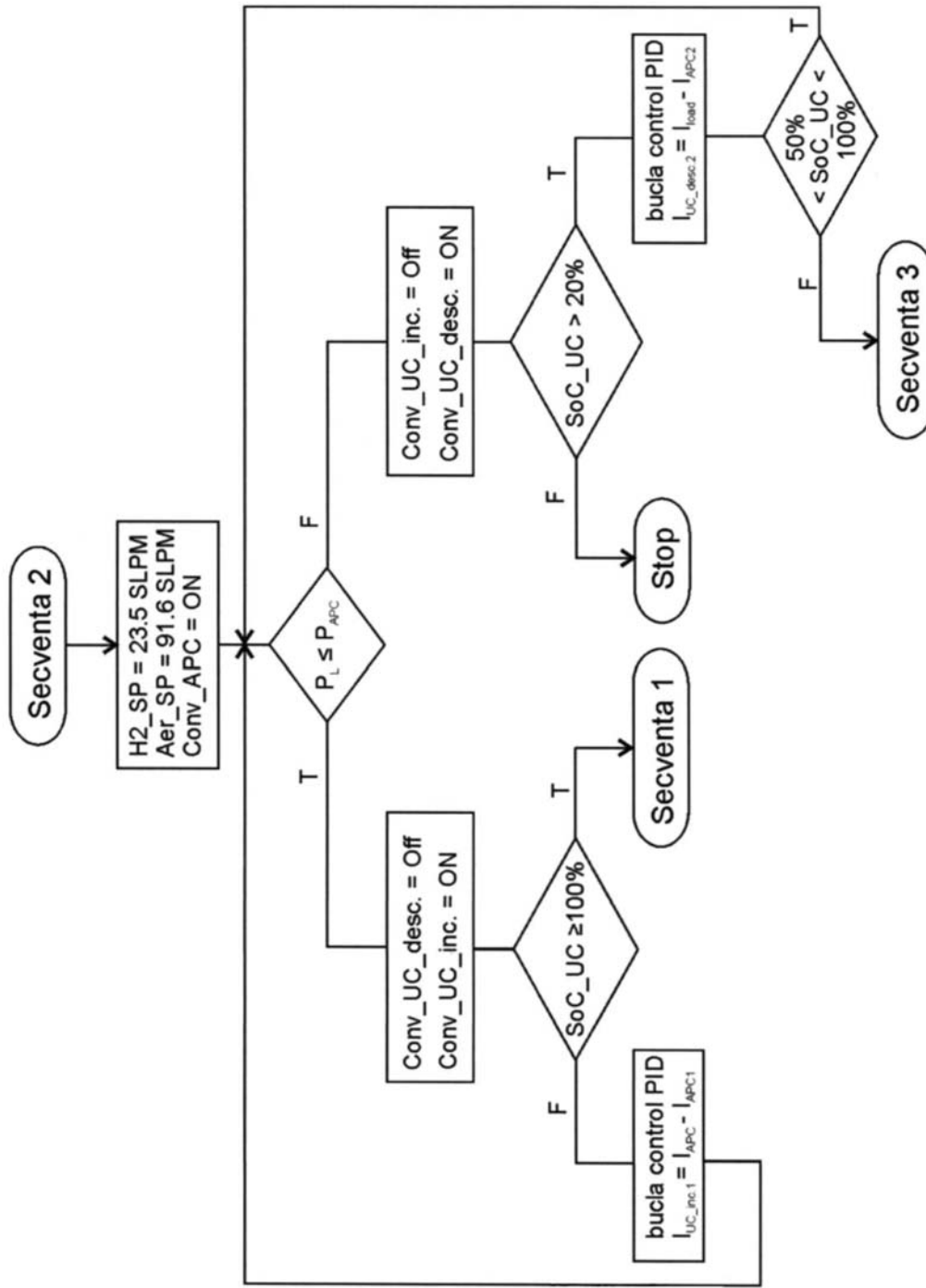


Fig. 6

