



(11) **RO 135821 B1**

(51) **Int.Cl.**  
**B60K 6/42** (2007.10);  
**B60L 50/61** (2019.01);  
**B60W 20/10** (2016.01)

(12)

## BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2021 00762**

(22) Data de depozit: **09/12/2021**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/11/2023** BOPI nr. **11/2023**

(41) Data publicării cererii:  
**30/06/2022** BOPI nr. **6/2022**

(73) Titular:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
TEHNOLOGII CRIOGENICE ȘI IZOTOPICE  
- ICSI RÂMNICU VÂLCEA, STR.UZINEI  
NR.4, OP RÂURENI, CP.7,  
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO**

(72) Inventatori:  
• **RĂCEANU MIRCEA, STR.SUB COASTĂ,  
NR.4, BĂILE OLĂNEȘTI, VL, RO;**

• **MARINOIU TEODORA ADRIANA,  
STR.TUDOR VLADIMIRESCU NR.93, BL.K,  
SC.A, ET.2, AP.5, BĂILE GOVORA, VL, RO;**  
• **CARCADEA ELENA, CALEA LUI TRAIAN  
NR.60, BL.S31, SC.A, ET.4, AP.13,  
RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO;**  
• **VARLAM MIHAI, STR. VASILE  
OLĂNESCU NR. 14, BL.C10, SC.B, ET.1,  
AP.13, RÂMNICU VÂLCEA, VL, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**CN 212737782 U; KR 20100048346**

(54) **METODĂ DE CONTROL A PUTERII UNUI SISTEM DE PILE  
DE COMBUSTIBIL DIN COMPONENTA UNUI VEHICUL  
ELECTRIC HIBRID**



# RO 135821 B1

1           Invenția se referă la modalitatea de control a puterii unui sistem de pile de combustibil  
din componența unui vehicul electric hibrid.

3           În ultimele trei decenii, producătorii din sectorul auto au fost influențați pozitiv de  
tehnologia hidrogenului și a pilelor de combustibil (FC - Fuel Cell). Scopul principal al pro-  
5           ducătorilor de automobile poate fi evidențiat ca reducerea la minimum a consumului de  
combustibil și a emisiilor de evacuare, îmbunătățind în același timp limitele de autonomie,  
7           eficiența energetică și adaptarea la cea mai recentă tehnologie. Prin urmare, sisteme de  
propulsie asistate electric sunt adăugate vehiculelor și sunt numite vehicule electrice (EV -  
9           Electric Vehicle). De altfel, vehiculele electrice cu baterie (BEV - Battery Electric Vehicle) și  
vehiculele electrice cu pile de combustibil cu hidrogen (FCEV - Fuel Cell Electric Vehicle) au  
11          devenit în centrul atenției cercetătorilor și producătorilor. Meritele FCEV sunt enumerate ca:  
zero emisii (doar apă), alimentare mai rapidă, conducere silențioasă, economie și eficiență  
13          mai bună a combustibilului, întreținere ușoară. Cu toate acestea, FCEV au unele dezavan-  
taje ca; gamă limitată, stații de alimentare cu hidrogen insuficiente, provocări de stocare și  
15          siguranță, prețuri scumpe și încă mai puțină recunoaștere și popularitate.

17          Energia generată de o pilă de combustibil poate alimenta direct motorul de tracțiune  
al vehiculului sau poate fi stocată într-o sistem auxiliar (baterie sau/și ultra-condensator).  
Dacă nu există un sistem de stocare în sistem, frânarea regenerativă nu poate exista. În  
19          special, necesitatea unei viteze mai mari a vehiculului conduce la o creștere bruscă a puterii  
care în general este oferită de sistemul auxiliar de energie. Dacă această putere ar fi gene-  
21          rată direct de FC ar avea un impact negativ asupra duratei de viață normată a compo-  
nentelor FC. Această problemă se poate rezolva prin integrarea unui modul hibrid de stocare  
23          energie. Dacă un FCEV este hibridizat cu o baterie litiu-ion, ultra condensator, etc, acest tip  
se numește Vehicul Electric Hibrid cu Pile de Combustibil (FCHEV - Fuel Cell Hybrid Electric  
25          Vehicle). În urma studiilor experimentale ale unui FCHEV care operează într-un ciclu de  
conducere NEDC (NEDC - New European Driving Cycle), sunt evidențiate patru paliere de  
27          funcționare a vehiculului în domeniu de timp: susținerea sarcinii (56.5%), start-stop (33%),  
putere mare (5.8%) și funcționare în gol (4.7%). Din acest motiv durata de operare a unui FC  
29          într-o aplicație de transport este mult mai scurtă decât cea într-o aplicație staționară, în  
special din cauza condițiilor operarea la ralanti (tensiune ridicată) și a condiții start/stop care  
31          scad dramatic performanțele FC.

33          Contextul aplicării FC în domeniul transporturilor este specific modului de integrare.  
Astfel, puterea necesară a unui vehicul este în intervalul 100 kW - 1 MW (de exemplu,  
200 kW pentru autobuze și troleibuze, 600 kW pentru tramvaie, 1 MW pentru locomotive).  
35          Presupunând o hibridizare de 50%, puterea generatorului FC la bord ar trebui să fie de  
aproximativ 100 - 400 kW. Însă, construcția unui singur Ansamblu de Pile de Combustibil  
37          (Fuel Cell stack - FCs) la o asemenea putere întâmpină dificultăți tehnice de implementare.  
Pentru a depăși acest impediment o soluție rezonabilă constă în asocierea mai multor  
39          ansambluri de pile de combustibil (module) conectate în diferite configurații astfel încât să  
aibă capacitate dorită. Mai mult, în faza de proiectare a FCHEV trebuie luate în considerare  
41          următoarele criterii: eficiență ridicată, fiabilitate sporită, mentenanță, siguranță, compactitatea  
sistemului de alimentare și funcționarea în diverse moduri de operare ale FC. Sunt necesare,  
43          de asemenea, sisteme suplimentare de stocare a energiei electrice, din cauza răspunsului  
tranzitoriu al puterii lent al FC, pentru a se conforma profilului de conducere (NEDC, EUDC,  
45          etc.).

47          În literatura de specialitate sunt prezentate diferite concepte de segmentare a unui  
ansamblu de pile de combustibil (FCs). Astfel, în Brevetul **US 5170124** 1992, „*Method and*  
*apparatus for monitoring fuel cell performance*” este prezentată o metodă și un dispozitiv  
49          pentru monitorizarea performanței pilelor de combustibil grupate în serie. Sunt prezentate

# RO 135821 B1

patru variante care au la bază măsurarea tensiunii la nivel de grup și compararea acestora cu tensiuni de referință, care la anumite praguri sunt declanșate alarme pentru oprirea alimentării cu combustibil. În Brevetul 2013 **US 8486570 B2**, „*Apparatus for high efficiency operation of fuel cell systems and method of manufacturing same*” este prezentat un dispozitiv care este compus din doua FCs în tandem cu un sistem de stocare auxiliar. Un controler este configurat să regleze fluxul de energie în funcție de cererea de putere a motorului. Primul FCs furnizează o primă ieșire de putere către magistrala de curent continuu, iar al doilea FCs este menținut pentru a furniza energia suplimentară a tranzițiilor motorului în faza de accelerare bruscă. Brevetul 2014 **US 8828614 B2** „*Fuel cell hybrid system having mult-stack structure*” se referă la un sistem hibrid cu pile de combustibil având o structură cu mai multe ansambluri de pile de combustibil care menține valoarea tensiunii FC sub valoarea tensiunii sistemului de stocare auxiliar (ultra-condensator). Astfel încât, în timpul frânării vehiculului cantitatea de energie recuperată este înmagazinată total de ultra-condensator, astfel îmbunătățind eficiența combustibilului. S-a demonstrat că, consumul optim al unui ansamblu de pile de combustibil este obținut dacă acesta operează în domeniul de eficiență maximă (de regula 30-40% din puterea maximă). O altă regulă demonstrată arată că, putere medie consumată de motorul unui vehicul electric, care circulă după un profil de conducere NEDC, este de aproximativ 20-25% din puterea maximă, recuperare energie din frânare este de 8-10%, iar consum de hidrogen la 100 km parcurși este de aproximativ 1 kg (FCEV). La fel, se cunoaște că ciclurile tranzitorii rapide și ciclurile de pornire-oprire în operarea unui FCs pot provoca o alimentare necorespunzătoare cu combustibil, provocând scădere a tensiunii sub nivelul critic de 0.6 V, ceea ce poate accelera degradarea catalizatorului și a membranei. Scopul acestei invenții este de a evalua fezabilitatea tehnologică a unui FCHEV compus din doua ansambluri de pile de combustibil, ca și sursă principală de putere, și un sistem de stocare auxiliar de baterii litiu-ion, pentru aplicații în domeniul vehiculelor de teren, de 120-150 kW.

O pilă de combustibil (FC) este un dispozitiv electrochimic compus, în general, dintr-un electrod anodic care primește hidrogen ( $H_2$ ), un electrod catodic care primește oxigen ( $O_2$ ) și un electrolit interpus între anod și catod. O reacție electrochimică este inițiată pentru a oxida moleculele de hidrogen de la anod și a genera protoni ( $H^+$ ), care sunt apoi trecuți prin electrolit pentru reducerea la catod cu un agent oxidant, cum ar fi oxigenul. În special, hidrogenul gazos este disociat catalitic pentru a genera protoni și electroni. Protonii de hidrogen trec prin electrolit la catod, unde protonii reacționează cu oxigenul și electronii pentru a forma apă. Iar, electronii de la anod sunt redirecționați printr-o sarcină electrică (cum ar fi motorul de tracțiune al unui vehicul) astfel generând curent electric. Pilele de combustibil cu membrană schimbătoare de protoni (PEMFC - Proton Exchange Membrane Fuel Cell) sunt deosebit de potrivite pentru utilizarea în vehicule datorită temperaturii lor de funcționare relativ scăzute, care oferă timpi de pornire rapid și un răspuns optim la schimbările de sarcină în comparație cu alte tipuri de FC.

Pentru a crește capacitatea electrică a unui ansamblu de pile de combustibil (FCs), este cunoscută combinarea mai multor pile de combustibil individuale într-un așa numit „ansamblu (stack)” de pile de combustibil, în care acestea sunt conectate electric în serie. Alimentările și evacuările cu gaze reactante sunt proiectate prin canale paralele. Un FCs este un ansamblu care conține până la câteva sute de pile singulare (celule) de combustibil. FCs este componenta principală a unui sistem de pile de combustibil (FCS - Fuel Cell System). Un sistem FCS conține pe lângă ansamblul de pile de combustibil, și un subsistem auxiliar de alimentare cu gaze (BoP - Balance of Plant) care este controlat de o unitate locală de control. Sistemul FCS utilizat în această invenție conține două FCs individuale, de aceeași

# RO 135821 B1

1 putere, conectate printr-un dispozitiv configurabil la un convertor unidirecțional de putere  
2 CC/CC. Un FCs este construit prin înserierea a 120 de celule individuale, care produce o  
3 tensiune în gol de aproximativ 110 volți și aproximativ 60 volți la sarcină maximă. Puterea  
totală a sistemului FCS este de maxim 60 kW.

5 Aplicațiile în domeniul transporturilor au nevoie de puteri foarte mari. Creșterea puterii  
unui ansamblu de pile de combustibil se realizează prin creșterea numărului de pile singulare  
7 (tensiunea mare), precum și, prin creșterea suprafeței active (curent mare). Cu toate  
acestea, ansamblurile lungi de pile de combustibil pot fi supuse unor neuniformități a fluxuri-  
9 lor de gaze reactante și a temperaturilor în interiorul ansamblului care pot fi cauza unor  
posibile defecțiuni. Un alt dezavantaj este că puterea ansamblului întotdeauna va fi limitată  
11 de pila cea mai slabă. În plus, deoarece toate celulele sunt în serie, defecțiunea unei singure  
celule duce la indisponibilitatea întregului ansamblu.

13 Pentru a înlătura toate aceste impedimente, o soluție interesantă constă în asocierea  
mai multor ansambluri de pile de combustibil, astfel construind o arhitectura de putere cu mai  
15 multe ansambluri elementare. Prin asociere, puterea fiecărui ansamblu trebuie să poată fi  
gestionată individual și să țină cont de un posibil decalaj dintre performanțele acestora.  
17 Arhitectura trenului de propulsie ar trebui să țină cont de diferitele moduri de conectare ale  
componentelor de putere (în serie și/sau paralel), iar alegerea adecvată a convertoarelor  
19 electronice de putere este esențială.

21 Performanța sistemului FCS depinde de nivelul său de putere și de arhitectura  
întregului tren de propulsie. Sistemele FCS cu mai multe ansambluri de pile de combustibil  
ar putea oferi o îmbunătățire a performanței față de sistemele obișnuite cu pile de  
23 combustibil. Mai mult decât atât, soluția cu mai multe ansambluri de pile de combustibil  
permite o proiectare modulară a întregului sistem, un FCs putând fi înlocuit separat deoarece  
25 poate fi izolat. Puterea totală depinde doar de numărul de FCs. Dacă un FCs se defectează,  
sistemul FCS își pierde doar puterea parțială, îmbunătățind fiabilitatea globală a sistemului.  
27 Atunci când sistemul are mai mult de un ansamblu, există diferite posibilități de distribuție a  
energiei, permițând atingerea unor eficiențe mai bune pentru sarcini diferite (un sistem FCS  
29 cu mai multe ansambluri oferă mai multe puncte optime de putere). Mai mult, un sistem FCS  
cu mai multe ansambluri este mai ușor de integrat fizic în întreaga aplicație.

31 Cercetarea documentară în stadiul cunoscut al tehnicii prezintă **CN 212737782 U**  
*„Disclosed are fuel cell hybrid power module and vehicle”* (19.03.2021) și **KR 20100048346**  
33 *„Method for selecting optimum motor operating condition of fuel cell vehicle”* (11.05.2010),  
după cum urmează.

35 Documentul **CN 212737782 U** se referă la un modul de putere hibrid cu pile de  
combustie și un vehicul, modulul de putere hibrid cu celule de combustibil cuprinde un sistem  
37 de pile de combustie, un controler de sistem, un prim convertor DC/DC, un al doilea  
convertor DC/DC, un al treilea convertor DC/DC, două baterii electrice pentru alimentare, o  
39 prima celula de putere și o a doua celula de putere, sistemul de celule de combustibil este  
conectat electric cu primul convertor DC/DC, primul convertor DC/DC este conectat electric  
41 cu prima celulă de putere.

Vehiculul folosește ca sursa de energie electricitatea generată de un dispozitiv cu pile  
43 de combustibil de la bord. Combustibilul utilizat în dispozitivul de pile de combustie de la bord  
este hidrogen de înaltă puritate sau gaz reformat cu hidrogen ridicat, obținut prin reformarea  
45 combustibilului care conține hidrogen. Celula de combustibil este un dispozitiv de generare  
a energiei de înaltă eficiență care nu arde combustibilul, ci transformă direct energia chimică  
47 a combustibilului în energie electrică printr-o reacție electrochimică.

# RO 135821 B1

|  |                            |
|--|----------------------------|
| Energia electrică de ieșire a celulei de combustibil și energia electrică stocată în bateria de putere sunt transmise motorului. Când bateria este descărcată și pila de combustie are surplus de putere, pila de combustibil poate fi folosită pentru alimentare și totodată se realizează încărcarea bateriei pentru a se obține modul de putere hibrid.   | 1<br>3                     |
| Formarea unui prim circuit de alimentare cu energie: sistemul de celule de combustibil este conectat electric cu al doilea convertor DC/DC, al doilea convertor DC/DC este conectat electric cu a doua baterie de putere.  | 5<br>7                     |
| Formarea unui al doilea circuit de alimentare cu energie: a doua baterie de putere este conectată electric cu al treilea convertor DC/DC.  | 9                          |
| Controlerul de sistem este conectat cu controlerul vehiculului și cu fiecare sistem de gestionare al ambelor baterii de alimentare.  | 11                         |
| Prin aranjarea primului circuit de alimentare cu energie și a celui de-al doilea circuit de alimentare cu energie, energia electrică ieșită din celula de combustibil este împărțită în două căi. O cale este conectată la linia de înaltă tensiune a vehiculului și la prima baterie de alimentare cu primul convertor DC/DC, iar cealaltă cale este trecută prin intermediul celui de-al doilea convertor DC/DC, conectat la a doua baterie de alimentare, bateria de alimentare este apoi conectată la al treilea convertor DC/DC și, în final conectată la linia de înaltă tensiune a vehiculului. Linia de înaltă tensiune a întregului vehicul este în cele din urmă conectată cu sistemul motor de antrenare.   | 13<br>15<br>17<br>19       |
| Când cererea motorului de antrenare este zero, energia electrică generată de sistemul de celule de combustie încarcă prima baterie de putere și a doua baterie de putere prin primul convertor DC/DC 30 și, respectiv, al doilea convertor DC/DC 40.   | 21                         |
| Când cererea motorului de antrenare este mai mică decât capacitatea de ieșire a sistemului de celule de combustie, celula de combustibil eliberează energie electrică către motorul de antrenare și, în același timp, primul convertor DC/DC și al doilea convertor DC/DC este alimentat, respectiv, la prima și a doua baterie de putere.   | 23<br>25                   |
| Când cererea pentru motorul de antrenare crește, puterea sistemului de celule de combustibil rămâne neschimbată, iar controlerul de sistem este responsabil pentru control. Mai întâi, primul convertor DC/DC este deconectat, iar prima baterie de putere participă la alimentare. În acest moment, a doua baterie de alimentare este încă în starea de încărcare a celulei de combustibil sau puterea celulei de combustibil este transmisă motorului de antrenare, a doua baterie de putere este într-o stare statică, când puterea rămasă a primei baterii de alimentare este mai mică de 30%, a doua conversie DC/DC este întreruptă, iar a doua baterie de putere participă la alimentare. Când puterea celei de-a doua baterii de putere este mai mică de 50% sau puterea rămasă a primei baterii de putere este mai mică de 10%, celula de combustie crește puterea de ieșire. | 27<br>29<br>31<br>33<br>35 |
| Documentul <b>KR 20100048346</b> se referă la o metodă de selectare a funcționării optime a unui vehicul hibrid cu celula de combustie având o multitudine de motoare de antrenare pentru a găsi o eficiență optimă de funcționare a motorului de antrenare prin calcularea unei combinații de cuplu a fiecărui motor de antrenare și a eficienței de funcționare a motorului de antrenare.  | 37<br>39<br>41             |
| Primul pas comandă un cuplu motor de o valoare desemnată. Al doilea pas creează o combinație de cuplu de aproximativ trei motoare. Al treilea pas calculează randamentul motorului, de aproximativ trei motoare pe baza fiecărui cuplu (T1, T2, T3) și se calculează eficiența totală prin combinarea randamentului motor calculat. În funcție de cuplul motor, se construiește o structură în trepte și o hartă a eficienței motorului prin repetarea primului pas, a celui de-al doilea și a celui de-al treilea pas.  | 43<br>45<br>47             |

# RO 135821 B1

1           Cu toate acestea, problematica asocierii în mai multe ansambluri ale FC pentru  
alimentarea FCHEV duce la o serie de constrângeri:

3           1) modul de operare al întregului sistem de pile de combustibil;  
2) alegerea modului de interconectare al ansamblurilor elementare și de cuplare la  
5           convertorul FC, astfel încât, în cazul unei defectării temporare ansamblul în cauză să poată  
fi izolat;

7           3) metoda de control a secvenței de pornire a FCHEV;  
4) managementul energetic al trenului de propulsie FCHEV.

9           Astfel, proiectarea dispozitivului programabil de cuplare electrică la interfața  
convertorului de putere FC trebuie să fie tolerantă la defecte. Aceasta este o problemă cheie  
11          în ceea ce privește gestionarea globală a puterii întregului tren de propulsie. Prin toleranța  
la defecte se înțelege gestionarea unor posibile defecte ale unui ansamblu FCs, astfel încât  
13          FCHEV să rămână operațional, chiar dacă are o capacitate de putere mai mică.

15          Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este identificarea unei metode de control  
a puterii unui sistem de pile de combustibil din componența unui vehicul electric hibrid în  
vederea creșterii eficienței energetice, scăderea consumului de combustibil și a emisiilor de  
17          evacuare.

19          Metoda de control a puterii unui sistem de pile de combustibil din componența unui  
vehicul electric hibrid cuprinde două ansambluri de pile de combustibil, controlate indepen-  
dent, având două subsisteme auxiliare de alimentare proprii și două sisteme electronice de  
21          control local, un dispozitiv programabil pentru cuplarea electrică a celor două pile de  
combustibil cu interfața unui convertor unidirecțional de putere la o unitate de distribuție a  
23          puterii, un sistem de baterii conectat la un convertor bidirecțional de putere, programabil,  
conectate la unitatea de distribuție a puterii folosind circuite două de preîncărcare, un sistem  
25          de baterii de joasă tensiune, conectate la unitatea de distribuție a puterii printr-un convertor  
unidirecțional, un motor electric alimentat de la un inverter care transmite mișcarea la niște  
27          roți printr-o unitate de transmisie, unitățile electronice de control local fiind conectate printr-o  
comunicație CAN la un sistem central și inițiază punerea în funcțiune a vehiculului, conform  
29          invenției, include următorii pași:

31          - se controlează curentul de încărcare și descărcare al sistemului de baterii de 200  
volți prin convertorul Batt200V7CC utilizând un regulator de tip PI, ce asigură necesarul de  
putere al motorului electric, menținând valoarea tensiunii pe magistrala CC la aproximativ  
33          ± 2% din valoarea setată de 400 volți;

35          - se controlează dispozitivul programabil pentru cuplarea electrică și creșterea  
eficienței ansamblului de pile de combustibil, prin alocarea de timpi de funcționare egali  
pentru cele două ansambluri de pile de combustibil și pentru creșterea duratei de viață  
37          normată a ansamblurilor de pile de combustibil prin monitorizarea tensiunii;

39          - se optimizează puterea generată de ansamblul de pile de combustibil folosind un  
controler cu ajutorul căruia este determinată puterea ansamblului de pile de combustibil  
raportată la starea de încărcare a sistemului de baterii, la valoarea puterii necesare motorului  
41          și la accelerația și viteza de rulare ale vehiculului, ansamblul de pile de combustibil  
funcționând pe paliere constante de putere, evitând ciclurile de pornire/oprire, rulând  
43          40%-50% din timp în punctul de eficiență maximă.

Avantajele invenției sunt următoarele:

45          - proiectare modulară a întregului sistem de pile de combustibil FCS, ansamblurile  
de combustibil putând fi înlocuite separat, deoarece pot fi izolate;

47          - modul de operare al ansamblurilor de pile de combustibil, astfel încât să urmărească  
punctul de eficiență maximă (economie de combustibil);

# RO 135821 B1

|  |    |
|--|----|
| - toleranță la erori în cazul funcționării defectuoase (uscare/inundare) ale unui ansamblu de pile de combustibil, monitorizate prin scăderea tensiunii (creșterea duratei de viață normată a pilei de combustibil);   | 1  |
| - evitarea funcționării ansamblului de pile de combustibil în condiții improprii de operare: (sarcină maximă, cicluri start-stop, mers în gol).  | 3  |
| Scurtă descriere a deseneilor:   | 5  |
| - fig. 1, schema bloc a unui vehicul electric în configurație hibridă cu doua ansambluri de pile de combustibil - baterie (FCHEV);   | 7  |
| - fig. 2.1, dispozitiv programabil pentru cuplarea electrică a doua ansambluri de pile de combustibil cu interfața unui convertor unidirecțional de putere la magistrala de curent continuu a unui FCHEV;  | 9  |
| - fig. 2.2, cuplarea electrică in serie a doua ansambluri de pile de combustibil cu interfața unui convertor;  | 11 |
| - fig. 2.3, cuplarea electrică a primului ansamblu de pile de combustibil (APC1) cu interfața unui convertor;  | 13 |
| - fig. 2.4, cuplarea electrică a celui de al doilea ansamblu de pile de combustibil (APC2) cu interfața unui convertor;  | 15 |
| - fig. 3, caracteristica tensiune (putere) versus curent a unui ansamblu de pile de combustibil;   | 17 |
| - fig. 4, caracteristica eficiența versus putere a unui ansamblu de pile de combustibil;   | 19 |
| - fig. 5, schema logică a secvenței de pornire FCHEV;  | 21 |
| - fig. 6, metoda de control a curentului de încărcare/descărcare a sistemului de baterii de 200 V;   | 23 |
| - fig. 7, metoda de control a dispozitivului de cuplare ansambluri de pile de combustibil;   | 25 |
| - fig. 8, metoda de control a curentului furnizat de ansamblurile de pile de combustibil;  | 27 |
| - fig. 9.a, imagine a a celor două ansambluri de pile de combustibil și a subsistemului auxiliar BoP (vedere din față);  | 29 |
| - fig. 9.b, imagine a a celor două ansambluri de pile de combustibil și a subsistemului auxiliar BoP (vedere de sus);  | 29 |
| - fig. 10, imagine a dispozitivului programabil pentru cuplarea electrică a celor două ansambluri de pile de combustibil;  | 31 |
| - fig. 11, imagine a celor două convertoare de putere și a PDU 400 V;  | 33 |
| - fig. 12, imagine a unității centrale de control - UCC;   | 35 |
| - fig. 13, interfața software pentru monitorizarea, comanda și controlul funcționării FCHEV.   | 35 |
| Caracteristicile vehiculului de teren studiat în această invenție sunt masa totală de 2100 kg, suprafața frontală de 2.5 m <sup>2</sup> , diametrul roții de 0.6 m, coeficientul aerodinamic de 0.3 și coeficientul de frecare de 0.001. Viteza maximă constructivă a vehiculului a fost proiectată la 170 km/h, accelerația de la 0 la 100 km/h în 11 secunde și o autonomie de deplasare de 500 km. Cantitatea de hidrogen este de aproximativ de 5 kg, stocat la o presiune de 700 bari.                | 37 |
| Arhitectura trenului de propulsie este construită dintr-un sistem de putere cu pile de combustibil de tip PEM (60 kW), un sistem de baterii litiu-ion (40 kWh), un sistem de baterii de 12 V pentru alimentarea dispozitivelor electronice (2 kWh) și un motor electric (150 kW) pentru deplasarea autovehiculului. Toate aceste componente sunt interconectate între ele prin intermediul unor convertoare CC/CC, invertoare CC/CA, diverse unități de distribuție a puterii și circuite de preîncărcare. | 43 |
|  | 45 |
|  | 47 |

# RO 135821 B1

1 Schema bloc a vehiculului electric în configurație hibridă cu un sistem de pile de  
combustibil - baterie (FCHEV) este prezentată în fig. 1. Sistemul de pile de combustibil este  
3 compus din doua ansambluri de pile de combustibil (FCs). Ambele ansambluri (FCs1 **101**  
și FCs2 **104**) au propriul lor subsistem auxiliar de comandă și control (BoP1 **102**, BoP2 **105**),  
5 rolul este de furniza cantitățile necesare de reactanți (aer și hidrogen) la parametri optimi.  
Acest subsistem are în componență mai multe pompe, valve, ventilatoare și trasee de  
7 alimentare. Aceste componente sunt monitorizate și controlate de o unitate locală de control  
(ECU\_FC1 **103** și ECU\_FC2 **106**). Fiecare ECU este interconectat cu Unitatea Centrală de  
9 Control (UCC **200**) printr-o comunicație de date CAN. Fiecare ECU primește de la UCC  
comanda de start/stop și valoare de referință a curentului pe care să-l genereze fiecare  
11 ansamblul FCs. ECU are rolul să asigure valorile optime ale parametrilor de temperatură,  
presiune și debite astfel încât să producă curentul electric cerut. Subsistemul auxiliar de  
13 comanda și control (BoP) și procedurile de optimizare și control sunt prezentate în brevetul  
nostru **RO 129407 B1**, „*Stație energetică de mică putere și procedeu de optimizare și*  
15 *alimentare a consumului de energie și aer*” la o scară de putere mai mică, de 5 kW.

Ambele ansambluri de pile de combustibil sunt identice, au o putere utilă de 30 de  
17 kW și sunt formate prin înserierea a 120 de pile singulare. Tensiunea pentru fiecare  
ansamblu este în domeniul de 60-110 V, iar curentul maxim fiind de 500 A. Ansamblurile  
19 FCs1 și FCs2 sunt conectate la un dispozitiv programabil PDU\_dual FCs, din poziția **300**.  
În funcție de metoda de control a dispozitivului de cuplare ansambluri de pile de combustibil  
21 (prezentată în fig. 7) la ieșire PDU\_dual FCs **300** avem o plajă de tensiune între 60 V și 220  
V. Dezavantajul pilelor de combustibil este că tensiunea de ieșire variază foarte mult, mai  
23 ales atunci când sarcina motorului se schimbă. Prin urmare, convertorul FC/CC **107** este  
conceput pentru a oferi o tensiune constantă pe magistrala de curent continuu de tensiune  
25 ridicată. În plus, convertorul FC/CC joacă un rol important în sistemul de management al  
energiei, detaliat în fig. 7. Acest convertor **107** este controlat local de un ECU\_FC/CC **108**,  
27 informațiile de date sunt transmise extern acestuia pe o linie de comunicație cu UCC **200**.  
Convertorul FC/CC **107** are curentul/tensiunea de ondulație la valori de sub 0.2% din valoarea  
29 totală a curentului/tensiunii controlate, ceea ce este foarte important pentru funcționarea  
în siguranță a ansamblurilor de pile de combustibil, **101** și **104** și a altor componente, cum  
31 ar fi condensatoare de filtraj și invertorul CC/CA **110**.

Bateria 200 V **116** este un sistem auxiliar de stocare a energiei, construită din celule  
33 de tipul litiu-ion. Tensiunea bateriei **116** este în domeniul de 150 V și 200 V, curentul maxim  
de descărcare de 500 A, curentul maxim de încărcare de 250 A și o capacitate de 40 kWh.  
35 Bateria **116** este utilizată pentru menținerea tensiunii constante pe magistrala de CC de 400  
V, pentru a furniza maximul de putere în fazele de accelerare ale FCHEV, la fel și pentru  
37 recuperarea energiei din frânare. Puterea de ieșire a sistemului de baterii **116** este controlată  
direct de un convertor Batt200/CC **119**. Pentru a proteja partea de tranzistoare de putere de  
39 la intrarea **119** de curenți rapizi, între **116** și **119** se găsește un circuit de preîncărcare **118**  
care are rolul de a limita curentul pe o perioadă scurtă, acest control este făcut de UCC **200**,  
41 care compară tensiunile înainte și după circuitul **118** și cand acestea sunt aproximativ egale  
se cuplează relele sistemului de baterii **116** la convertorul Batt200V/CC **119**.

43 Pentru a nu crește dimensiunea și greutatea sistemului de baterii **116** s-a ales  
variantea cu o baterie cu o tensiune mai mică, pentru ridica tensiunea la 400 V s-a utilizat un  
45 convertor bidirecțional de CC/CC. Care asigura tensiunea pe magistrala CC. Această  
tensiune este importantă de a fi păstrată în acest domeniu pentru ca motorul **113** să aibă o



# RO 135821 B1

eficiență ridicată. Convertorul Batt/CC **119** este controlat local de o unitate electronică de control ECU Batt/CC **118**. Din aceleași motive de protecție a dispozitivelor de putere, convertorul Batt/CC **119** este interconectat la unitatea de distribuție a puterii PDU 400V **121** prin intermediul unui circuit de preîncărcare **121** controlat de UCC **200**. 1  
3

În acest moment la intrarea PDU 400V **109** sunt interconectate ansamblurile de pile de combustibil **101** și **104** și sistemul de baterii **116**, prin intermediul circuitelor de putere, **300**, **118** și **121**, și a convertoarelor **107** și **119**. Însă toate aceste componente au nevoie la rândul lor să fie alimentate cu o tensiune de 12 volți. Pentru aceasta FCHEV are în componență și un sistem de baterii **124** cu o capacitate de 2 kWh, asigurând necesarul de putere la pornirea. Bateria 12V **124** este controlată de un sistem local **125** care transmite informații sistemului central UCC **200** prin linii CAN. Bateria 12V **124** este încărcată din Bateria 200V **116** prin intermediul unui convertor Batt2V/CC **122**. Acest convertor este controlat de ECU Batt/12V care asigură funcționarea bateriei 12V **124** în bune condiții. 5  
7  
9  
11  
13

Alimentarea motorului electric **113** este asigurată de un inverter CC/CA **111**, motorul **113** transmite mișcarea mecanică către transmisia **114**, care reduce viteza și crește cuplul către roțile FCHEV **115**. Invertorul CC/CA **110** este alimentat la 400 V prin PDU 400V **109**. Invertorul **110** este controlat de un sistemul local de control ECU CC/CA **111** care în funcție de valorile primite de la blocul **112** pune în mișcare FCHEV. 15  
17

Dispozitivul PDU\_dual FCs **300**, prezentat în fig. 2.1, este o interfață programabilă care are rolul de cuplare a FCs1 și FCs2 la un convertor unidirecțional de putere. Dispozitivul are în componență mai multe relee de putere programabile, astfel încât să dirijeze la ieșire fluxul de putere al ambelor ansambluri înseriate (FCs1 + FCs2), sau fluxul de puterea al unui singur ansamblu (FCs1 sau FCs2). Comanda releelor este efectuată de unitatea de control centrală UCC **200** în urma unui algoritm de urmărire a maximumului de eficiență și putere. Pe traseul electric de putere mai sunt găsite diode de sens, tip Schottky, pentru evitarea descărcări accidentale a curenților inverși și mai multe siguranțe fuzibile de 500 A pentru evitarea curenților mari. 19  
21  
23  
25  
27

În fig. 2.2 este prezentată cuplarea electrică în serie a celor doua ansambluri de pile de combustibil **101**, **104** cu interfața unui convertor **107**. Dirijarea fluxului de putere este evidențiată în figură, astfel încât relele: Releu 11 **304**, Releu 3 **303** și Releu 2 **302** sunt în poziția ON (cuplate), iar relele: Releu 1 **301** și Releu 21 **305** sunt în poziția Off (decuplate). În acest mod la intrarea convertorului apare fluxul de putere al întregului sistem de pile de combustibil, tensiunea între 120-240 Volți și un curent de maxim 500 Amperi. Acest mod de cuplare are avantajul ca utilizează un singur convertor și o singură intrare de control a curentului generat de FCS. Se cunoaște faptul ca un astfel de convertor este foarte scump. 29  
31  
33  
35

În fig. 2.3. este prezentată cuplarea electrică a primului ansamblu de pile de combustibil (FCs1 **101**) cu interfața unui convertor **107**, traseul este evidențiat cu culoarea cărămiziu. La cuplarea **101** la **107**, relele: Releu 11 **304** și Releu 1 **301** sunt în poziția ON (cuplate), iar relele: Releu 21 **305** și Releu 2 **302** sunt în poziția Off (decuplate). În această configurație la bornele convertorului **107** avem o plajă de tensiune de 60-120 volți la un curent maxim de 500 de amperi. 37  
39  
41

În fig. 2.4. este prezentată cuplarea electrică a celui de al doilea ansamblu de pile de combustibil (FCs2 **104**) cu interfața unui convertor **107**. Relele cuplate sunt: Releu 21 **305** și Releu 2 **302**, iar relele decuplate sunt: Releu 11 **304** și Releu 1 **301**. 43

Proiectarea și configurarea acestui dispozitivului de cuplare **300** poate permite cuplarea a una sau doua ansambluri de pile de combustibil ținând cont de mai multe constrângeri datorate modului de operare defectuos al unui ansamblu. De exemplu: dacă apare o scădere 45  
47

# RO 135821 B1

1 semnificativă de 10% a tensiunii unui FCs sub caracteristica de funcționare Tensiune/Curent  
(fig. 3) atunci funcția a aceluși ansamblu de pile de combustibil este preluată de celălalt  
3 ansamblu de combustibil prin cuplarea releelor de pe traseul respectiv. În același timp  
ansamblul defectuos este recondiționat prin efectuarea unor purjări ale compartimentului  
5 anodic și catodic, ajungând în parametrii optimi ai tensiunii. Principalele motive de scădere  
a tensiunii sunt în special: fenomenele de alimentare insuficientă cu gaze datorate inundării  
7 și uscării membranei și otrăvirea cu poluanți, în special cu monoxid de carbon (CO) a  
catalizatorului de platină.

9 În vederea stabilirii algoritmului de management energetic se pornește de la  
caracteristicile Tensiune - Curent și Eficiență - Putere pentru un singur ansamblu de pile de  
11 combustibil și pentru două ansambluri de pile de combustibil înseriate. În fig. 3 se prezintă  
caracteristica Tensiune (Putere) - Curent pentru ambele cazuri, pe întreg domeniul de  
13 operare. Aceste caracteristici V/I sunt păstrate în memoria UCC **200** și sunt comparate cu  
valorile instantanee ale tensiunii raportate la spectrul de putere totală.

15 În fig. 4 se prezintă eficiența energetică pentru ambele cazuri pe întreg domeniul de  
putere. Eficiența energetică a unui ansamblu de pile de combustibil FCs se definește drept  
17 raportul dintre energia electrică produsă și cea care s-ar fi putut produce prin arderea  
hidrogenului consumat de ansamblul de pile de combustibil la o temperatură de 25°C și o  
19 presiune de 101.3 kPa, luând în considerare toate sarcinile parazite de la bord. În  
caracteristica de eficiență nu sunt incluse consumul de putere al ventilatoarelor radiatorului  
21 de răcire, consumul de putere al pompei de recirculare a lichidului de răcire și randamentul  
convertorului CC/CC. Rezultă pe baza definiției că operarea cu eficiență mai mare este  
23 echivalentă cu operarea cu consum de combustibil mai redus.

În fig. 4 se observă existența unei zone operaționale în care eficiența maximă pentru  
25 cele două ansambluri înseriate este aproximativ 55% pentru o putere de 40% din puterea  
totală, adică 25 kW. Același nivel de eficiență este și la operarea unui singur ansamblu de pile de  
27 combustibil de 20% din puterea totală.

Timpul de pornire al fiecărui ansamblu de pile de combustibil FCs este în jur de 20  
29 de secunde, de la starea "oprit" la starea „pregătit de operare”. Acest timp este datorită por-  
niri subsistemului auxiliar de alimentare cu reactanți. Consumul maxim de hidrogen este de  
31 500 litri pe minut, respectiv de 2000 litri de aer. Hidrogenul este uscat de o puritate mai mare  
de 99.98%, iar ca și oxidant este aer ambiental. Agentul de răcire este apă deionizată. ECU  
33 local al FCs permite o comunicație pe magistrală CAN cu standardul CAN 2.0 A (11 biți).

În fig.5 este prezentată secvența de pornire a FCHEV. La punerea în contact a cheii  
35 la bordul FCHEV **S1** sunt cuplate releele de 12 Volți **S2** care cuplează alimentarea  
consumatorilor de joasă tensiune **S3**. În următoarea etapă UCC **200** inițiază protocolul de  
37 comunicație CAN cu toate sistemele electronice de control local **S4**, apoi se verifică  
disponibilitatea fiecărui echipament pe liniile CAN dacă sunt pregătite de funcționare. Dacă  
39 comunicația este în regulă se trece în faza **S7**, dacă nu sunt remediate erorile de transmisie  
și se reia procesul din **S4**. În faza **S7** este cuplat la convertorul **119** ieșirea bateriei **116**, după  
41 ce a fost activat circuitul de protecție al preîncărcării bateriei de 200 de volți. După faza de  
preîncărcare la intrare convertorul Bat 200V/CC avem fluxul de putere furnizat de sistemul  
43 de baterii de 200 volți. Acest convertor este controlat de o metoda de control prezentată în  
fig. 6. Secvența **S9** asigură încărcarea sistrului de baterii de joasă tensiune, controlând  
45 convertorul din poziția **122**. După ce pe magistrala de înaltă tensiune avem asigurată  
tensiunea de 400 volți și bateriile de joasă tensiune **124** sunt încărcate din bateria mare **116**,

# RO 135821 B1

se configurează dispozitivul de cuplare al ansamblurilor de pile de combustibil. Algoritmul de control care configurează PDU dual FCs **300** este prezentat în fig. 7. **S11** are rolul de controla eficient energia produsă de ansamblurile de pile de combustibil **101** și **104**. Metoda de control este prezentată în fig. 7. 1  
3

În fig. 6 este prezentată metoda de control a curentului de încărcare și descărcare al sistemului de baterii de 200 volți **116**. Metoda de control utilizează un regulator de tip PI care are ca intrare valoarea stării de încărcare a bateriei (SoC) și valoarea prestată a tensiunii pe magistrala de curent continuu de 400 volți. Regulatorul compară diferența dintre tensiunea măsurată și valoarea prestată și în cazul unei valori negative regulatorul PI calculează valoarea curentului de descărcare în domeniul de 0 A-500 A, invers în cazul unei valori pozitive regulatorul PI calculează valoarea curentului de încărcare în domeniul de 0 A-250 A. Creșterea tensiunii peste 400 volți este datorată în special energiei de recuperare din frânare care trebuie redirecționată către bateriei, o scădere sub 400 de volți apare în fazele de accelerare bruscă a vehiculului. Regulatorul de tip PI eșantionează informația la fiecare 200 milisecunde controlând rapid în funcție de situație valoarea curentului furnizat de convertorul Bat200V/CC. Metoda de control rulează în UCC **200** și transmite valoarea curentului pe linie CAN convertorului Batt200V/CC. Dacă valoarea SoC este sub/peste pragul de referință, sub 20% și peste 85%, sistemul de baterii este decuplat. Regulatorul PI este acordat on-line și menține valoarea tensiunii pe magistrala CC de  $\pm 2\%$  din valoarea setată. 5  
7  
9  
11  
13  
15  
17  
19

În fig. 7 este prezentată metoda de control a dispozitivului de cuplare ansambluri de pile de combustibil. Metoda de control analizează doi parametri tehnici, un parametru este timpul de funcționare al fiecărui ansamblu de pile de combustibil (FCs1 , FCs2) și al doilea este valoarea de tensiune a ansamblului de combustibil, în timp real, care este comparată cu valoarea implicită din caracteristica tensiune/curent, din fig. 3. Dacă această valoare se depreciază cu 10% atunci ansamblul în cauză este ocolit, activând o procedură de condiționare a pilei de combustibil, în care sunt purjate compartimentele de la anod și catod pentru redeshidratarea membranei fără constrângeri legate de producerea de energie. După ce sistemul de baterii **116** este cuplat la PDU 400 V **109** este inițiată pornirea ansamblurilor de pile de combustibil, în **C1**. În etapa **C2**, vehiculul FCHEV este pus în mișcare, dacă puterea motorului este mai mare decât puterea optimă de funcționare a celor două ansambluri (din fig. 4) de 25 kW este rulată secvența cu două ansambluri cuplate în serie, invers varianta cu un singur ansamblu de pile de combustibil. 21  
23  
25  
27  
29  
31  
33

În varianta de funcționare cu un singur ansamblu, în continuare este verificat timpul de funcționare anterior al celor două ansambluri, astfel încât se asigură ca ambele ansambluri au timpi de funcționare egali. După sunt activate FCs1 **C5**, respectiv FCs2 **C6**. După intrarea în funcționare a ansamblului de pile de combustibil este monitorizată tensiunea acestuia la fiecare 0.2 secunde. Dacă această tensiune coboară cu 10% sub valoarea tensiunii înregistrată într-un tabel în memoria UCC. Acel ansamblu este decuplat din circuitul de putere **300**, funcția lui fiind luată de celălalt ansamblu de pile de combustibil. Ansamblului depreciați fiindu-i aplicată o procedură de recondiționare prin care ajunge în parametri optimi de funcționare (**C12**, **C6**). Ansamblului care este pregătit de funcționare i-se cuplează releele (**C11**, **C13**) și timpul de funcționare este monitorizat (**C15**, **C17**). 35  
37  
39  
41  
43

Pe ramura cu două ansambluri de pile, la fel este monitorizată tensiunea în timp real și dacă aceasta este în regulă (**C10**) sunt cuplate releele astfel încât la ieșire avem două pile înseriate (fig. 2.2.), sunt monitorizați timpi de funcționare. 45

# RO 135821 B1

1 Această metodă de control asigură că ansamblurile de pilele de combustibil sunt  
3 configurate astfel încât să avem o eficiență maximă a sistemului de pile de combustibil, un  
5 timp de funcționare aproximativ egal pentru cele două ansambluri și o procedură de  
7 verificare a stării de funcționare a ansamblurilor în timp real.

9 Această metodă oferă mai multă redundanță decât sistemele cu un singur ansamblu  
11 de pile de combustibil. Această redundanță este utilizată pentru a activa funcționarea cu  
13 toleranță la defecte. Defecțiunile sunt mai frecvente la pilele de combustibil, dar pot apărea  
15 și la convertorul de putere. Defecte comune ale pilelor de combustibil sunt uscarea, inun-  
17 darea și otrăvirea celulelor. În acest mod segmentarea sistemului FC permite detectarea la  
19 anumite capacități de detectare a defecțiunilor (inundarea și uscarea anumitor ansambluri).

21 Această metodă de control este rulată în UCC **200** și cuplează/decuplează releele  
23 din **300**, în funcție de descrierea de mai sus. Metoda nu controlează implicit puterea furnizată  
25 de cele două ansambluri, managementul de putere al pilei de combustibil fiind controlat în  
27 fig. 7. Unde cele două ansambluri sunt văzute ca un singur sistem de pile de combustibil.

29 În fig. 8 este prezentată o metodă de control bazată pe un set de opt reguli. În urma  
31 acestor reguli este determinată puterea sistemului de pile de combustibil raportată la starea  
33 de încărcare a sistemului de baterii, valoarea puterii necesare consumatorului (motorului) și  
35 a condițiilor de rulare ale vehiculului (acelerație și viteză). Prin acest tip de strategie sunt  
37 decise punctele de funcționare ale sistemului de pile de combustibil cu obiectivul de a  
maximiza eficiența sistemului. Valorile puterii minime, optime și maxime ale sistemului de pile  
de combustibil și ale valorii stării de încărcare a baterii sunt selectate pe baza limitelor de  
curent și tensiune, astfel  $P_{FCSmin} = 9500 \text{ W}$ ;  $P_{FCSmax} = 60000 \text{ W}$ ;  $P_{FCSopt} = 25000 \text{ W}$ ;  
 $SoC_{min} = 20\%$ ;  $SoC_{max} = 85\%$ ;  $SoC_{nom1} = 35\%$ ;  $SoC_{nom2} = 70\%$ . Metoda de control folosește  
un controler cu histerzis pentru a comuta între stări astfel evitând oscilațiile între stări. După  
cum se arată, ieșirea algoritmului este referința pentru puterea pilei de combustibil, din care,  
prin împărțire la tensiunea pilei de combustibil și în funcție de eficiența convertorului **107**, se  
obține curentul de referință al pilei de combustibil. În acest algoritm de management  
energetic, așa cum se poate vedea în fig. 8, pila de combustibil funcționează la o putere  
minimă atunci când SoC-ul bateriei este ridicat și puterea motorului este sub minimul de  
putere al sistemului de pile de combustibil (starea 1). Pentru a evita porniri/opri FC. În  
momentul în care vehicul staționează algoritmul setează ca FC să ruleze la putere minimă.  
Din tabelul stărilor este observat ca FC rulează în punctul de eficiență maxima de 25 kW  
când sunt îndeplinite condițiile din starea 3 și 4. De regula în aceste stări vehiculul rulează  
marea majoritatea a timpului (40%-50%), pentru un ciclu de conducere EUDC. FCS rulează  
la putere maximă numai în starea 6 și 8, lucru care se întâmplă foarte rar, sub 5%, numai  
când sistemul de baterii este foarte descărcat. În rest FCS furnizează o putere egală cu  
puterea motorului (20%-30%).

39 În fig. 9, 10, 11 și 12 sunt prezentate imagini din desfășurarea construcției vehiculului  
FCHEV. În fig.13 este prezentată interfața programului software, în care sunt observați mai  
mulți parametri de monitorizare și control.

# RO 135821 B1

## Revendicare

|   |    |
|---|----|
|   | 1  |
| Metodă de control a puterii unui sistem de pile de combustibil din componența unui vehicul electric hibrid care cuprinde două ansambluri de pile (101, 104) de combustibil, controlate independent, având subsisteme (102, 105) auxiliare de alimentare proprii și sisteme (103, 106) electronice de control local, un dispozitiv (300) programabil pentru cuplarea electrică a celor două pile (101, 104) de combustibil cu interfața unui convertor (107) unidirecțional de putere la o unitate (109) de distribuție a puterii, un sistem de baterii (116) conectat la un convertor (119) bidirecțional de putere, programabil, conectate la unitatea (109) de distribuție a puterii folosind circuite (118, 121) de preîncărcare, un sistem de baterii (124) de joasă tensiune, conectate la unitatea (109) de distribuție a puterii printr-un convertor (122) unidirecțional, un motor (113) electric alimentat de la un invertor (110) care transmite mișcarea la niște roți (115) printr-o unitate (114) de transmisie, unitățile electronice de control local fiind conectate printr-o comunicație CAN la un sistem central (200) și inițiază punerea în funcțiune a vehiculului, <b>caracterizată prin aceea că</b> , include următorii pași: | 3  |
| - se controlează curentul de încărcare și descărcare al sistemului de baterii de 200 volți (116) prin convertorul Batt200V7CC (119) utilizând un regulator de tip PI, ce asigură necesarul de putere al motorului electric (113) menținând valoarea tensiunii pe magistrala CC la aproximativ $\pm 2\%$ din valoarea setată de 400 volți;   | 5  |
| - se controlează dispozitivul (300) programabil pentru cuplarea electrică și creșterea eficienței ansamblului de pile de combustibil (101, 104), prin alocarea de timpi de funcționare egali pentru cele două ansambluri de pile de combustibil (101, 104) și pentru creșterea duratei de viață normală a ansamblurilor de pile de combustibil (101, 104) prin monitorizarea tensiunii;   | 7  |
| - se optimizează puterea generată de ansamblul de pile de combustibil (101, 104), folosind controlerul (122) cu ajutorul căruia este determinată puterea ansamblului de pile de combustibil (101, 104) raportată la starea de încărcare a sistemului de baterii (116), la valoarea puterii necesare motorului (113) și la accelerația și viteza de rulare ale vehiculului, ansamblul de pile de combustibil (101, 104) funcționând pe paliere constante de putere, evitând ciclurile de pornire/oprire, rulând 40%-50% din timp în punctul de eficiență maximă.   | 9  |
|   | 11 |
|   | 13 |
|   | 15 |
|   | 17 |
|   | 19 |
|   | 21 |
|   | 23 |
|   | 25 |
|   | 27 |
|   | 29 |

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)

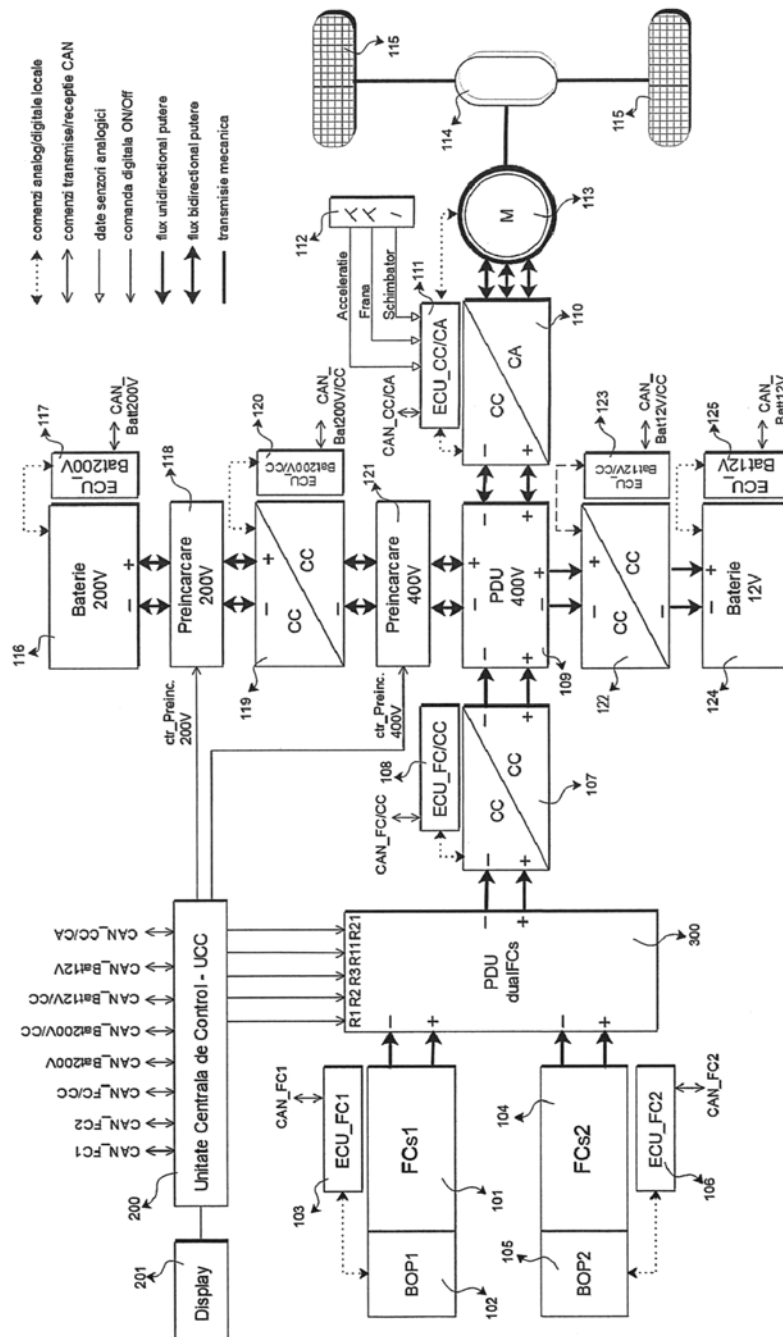


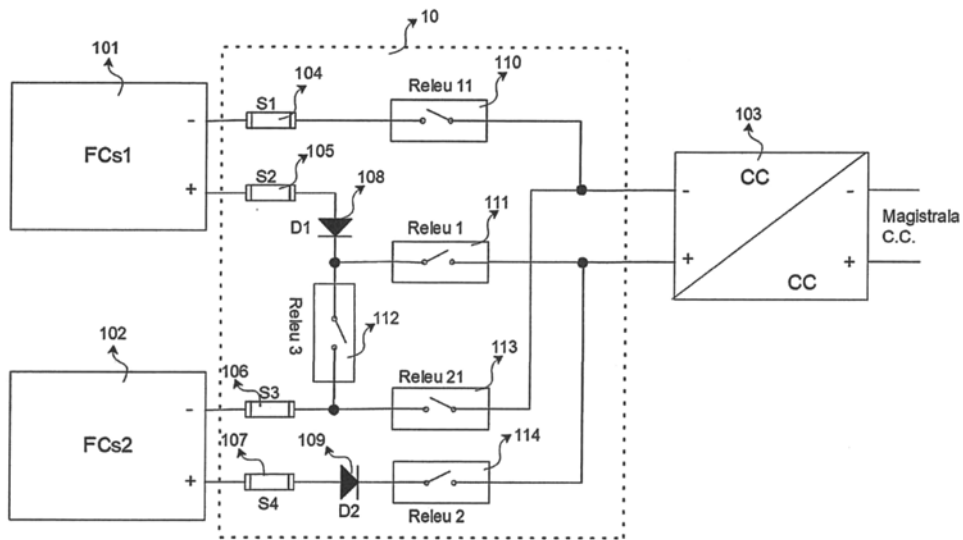
Fig. 1

(51) Int.Cl.

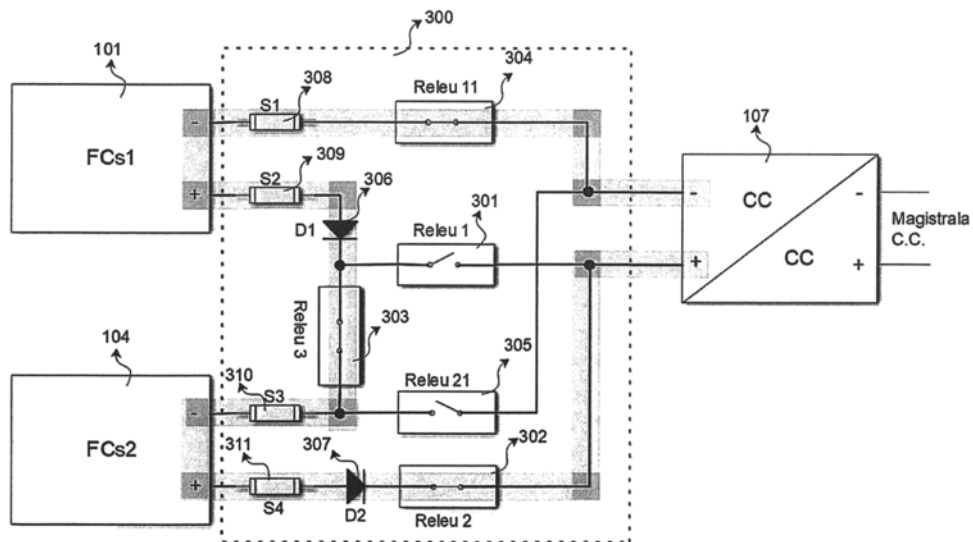
**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)



**Fig. 2.1**



**Fig. 2.2**

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)

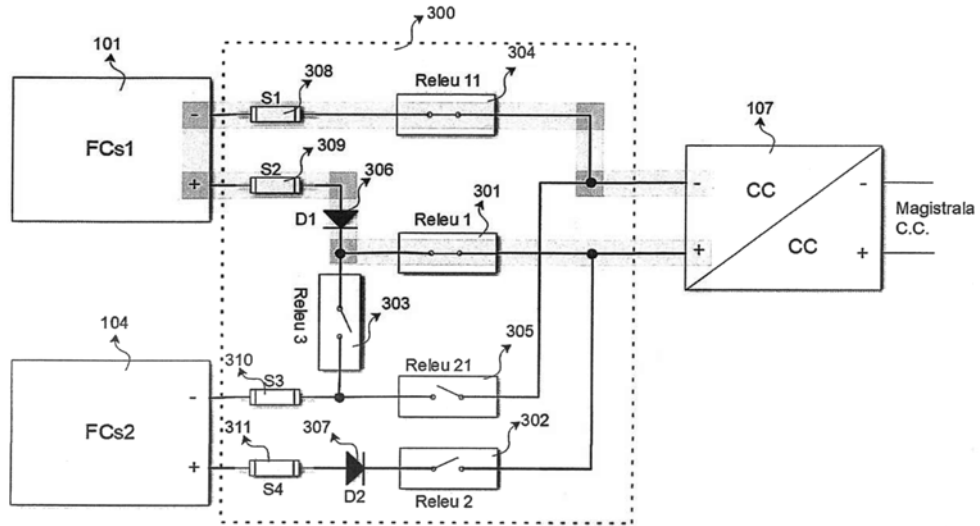


Fig. 2.3

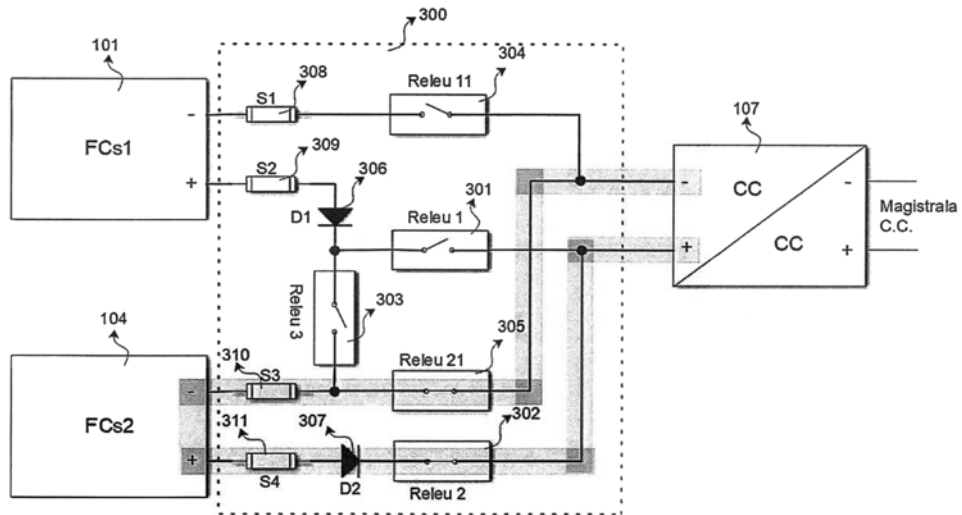


Fig. 2.4



# RO 135821 B1

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)

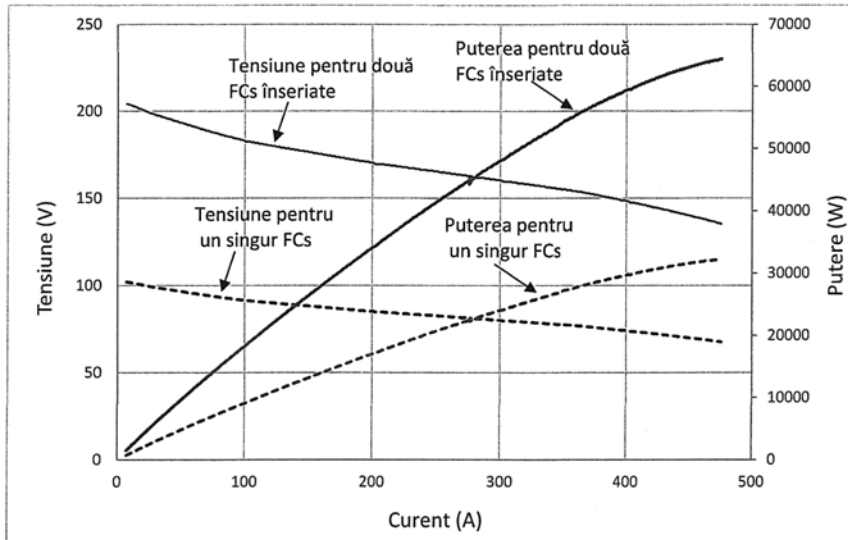


Fig. 3

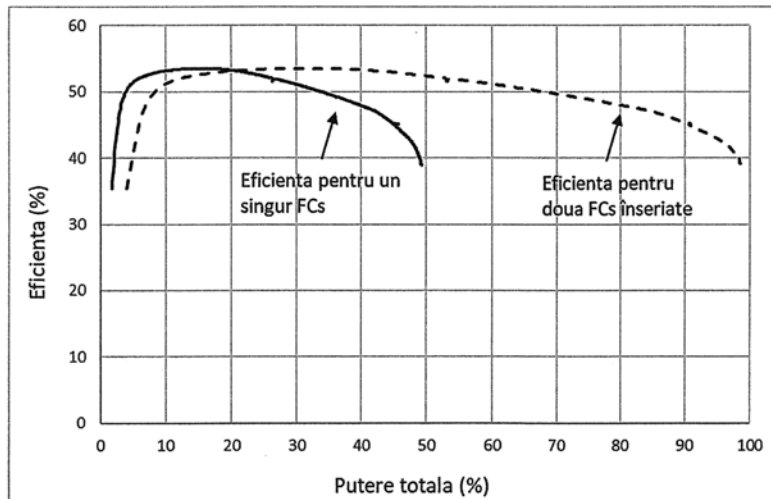


Fig. 4

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)

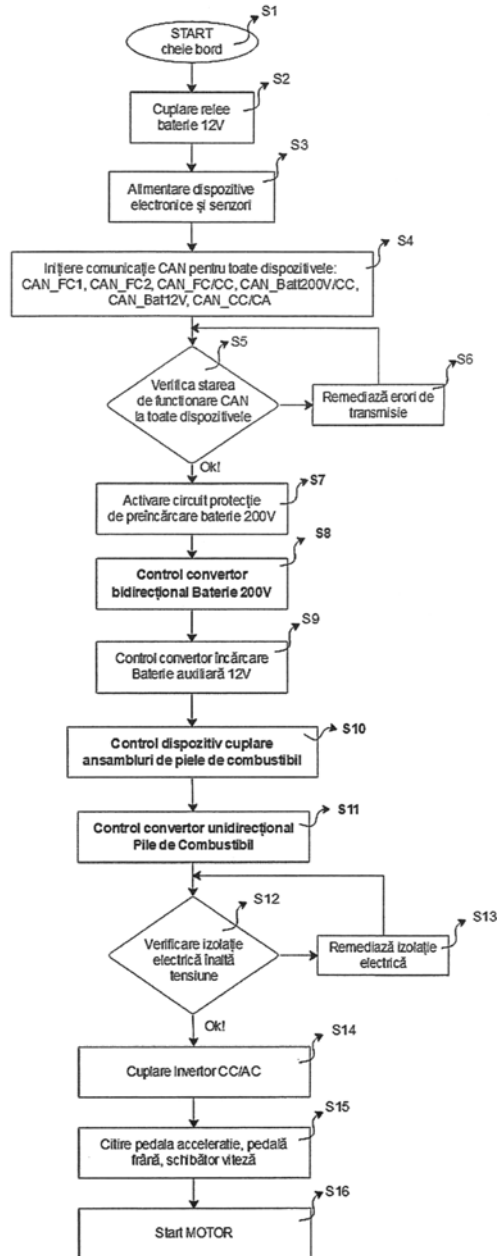


Fig. 5

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10),

**B60L 50/61** (2019.01),

**B60W 20/10** (2016.01)

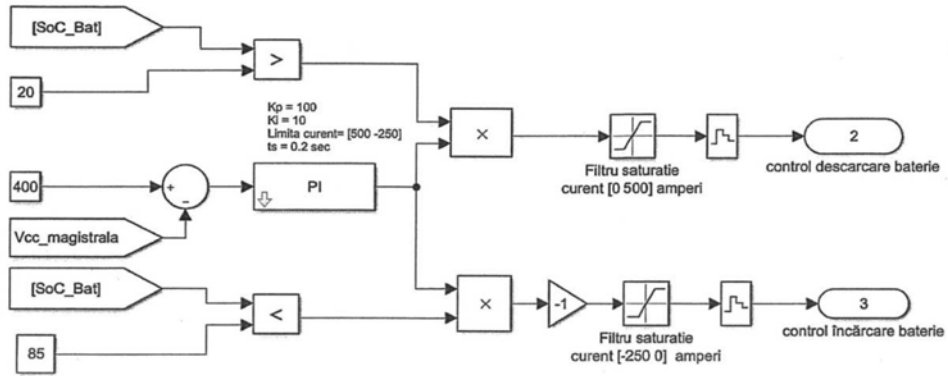


Fig. 6

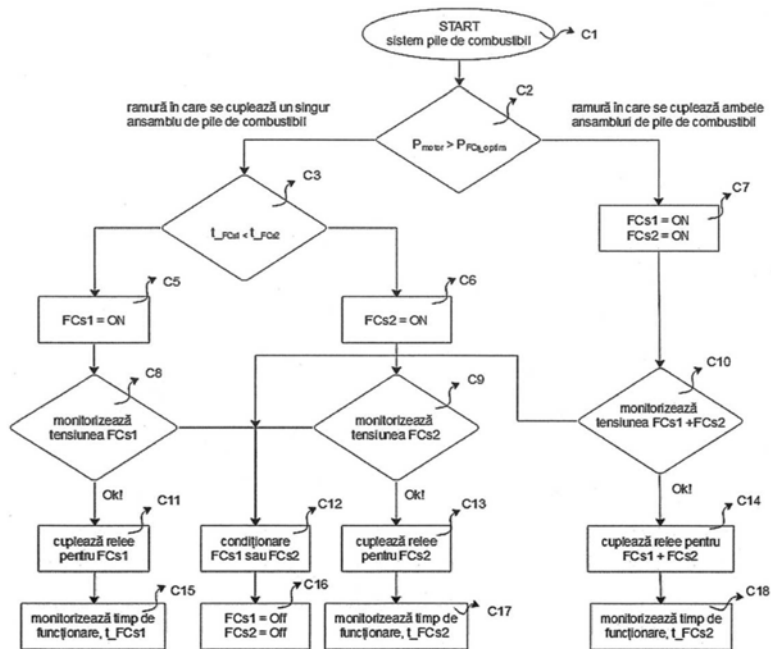


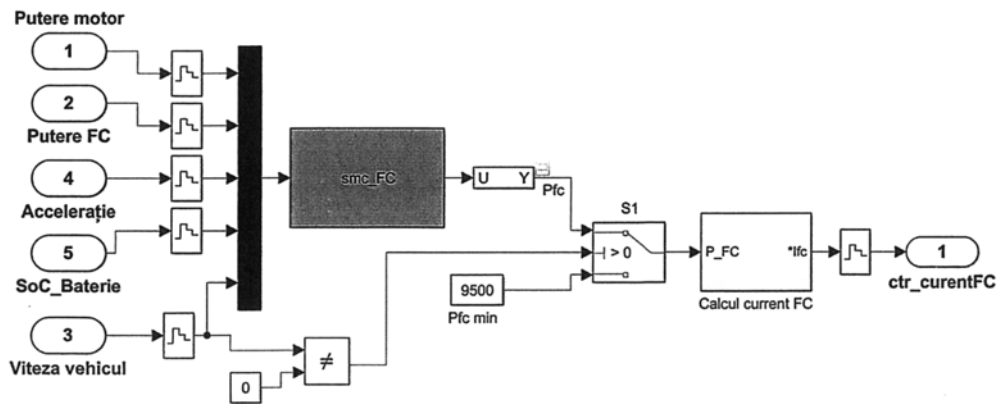
Fig. 7

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)



| Stare <sup>a</sup> | Condiție-de-operare <sup>a</sup>   | Putere-calculată-FCS <sup>a</sup> |
|--------------------|--|-----------------------------------|
| 1 <sup>a</sup>     | $SoC > SoC_{max} \ \& \ P_{motor} < P_{FCSmin}$                                  | $P_{FCS}^* = P_{FCSmin}$          |
| 2 <sup>a</sup>     | $SoC > SoC_{max} \ \& \ P_{motor} \in [P_{FCSmin}, P_{FCSmax}]$                  | $P_{FCS}^* = P_{FCSsarcină}$      |
| 3 <sup>a</sup>     | $SoC > SoC_{max} \ \& \ P_{motor} < P_{FCSmax}$                                  | $P_{FCS}^* = P_{FCSopt}$          |
| 4 <sup>a</sup>     | $SoC \in [SoC_{nom1}, SoC_{nom2}] \ \& \ P_{motor} < P_{FCSopt}$                 | $P_{FCS}^* = P_{FCSopt}$          |
| 5 <sup>a</sup>     | $SoC \in [SoC_{nom1}, SoC_{nom2}] \ \& \ P_{motor} \in [P_{FCSopt}, P_{FCSmax}]$ | $P_{FCS}^* = P_{FCSsarcină}$      |
| 6 <sup>a</sup>     | $SoC \in [SoC_{nom1}, SoC_{nom2}] \ \& \ P_{motor} \geq P_{FCSmax}$              | $P_{FCS}^* = P_{FCSmax}$          |
| 7 <sup>a</sup>     | $SoC < SoC_{nom2} \ \& \ P_{motor} < P_{FCSmax}$                                 | $P_{FCS}^* = P_{FCSsarcină}$      |
| 8 <sup>a</sup>     | $SoC < SoC_{nom2} \ \& \ P_{motor} \geq P_{FCSmax}$                              | $P_{FCS}^* = P_{FCSmax}$          |

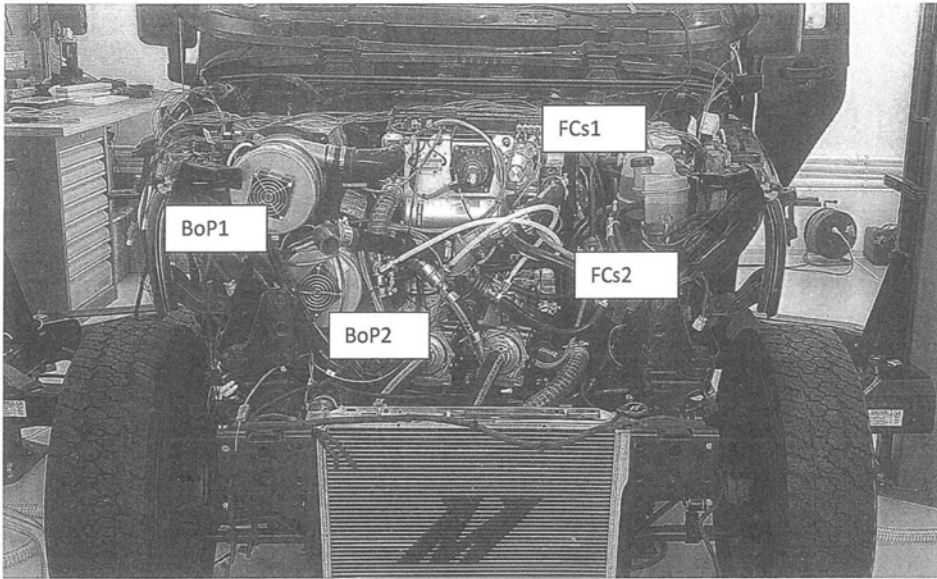
Fig. 8

(51) Int.Cl.

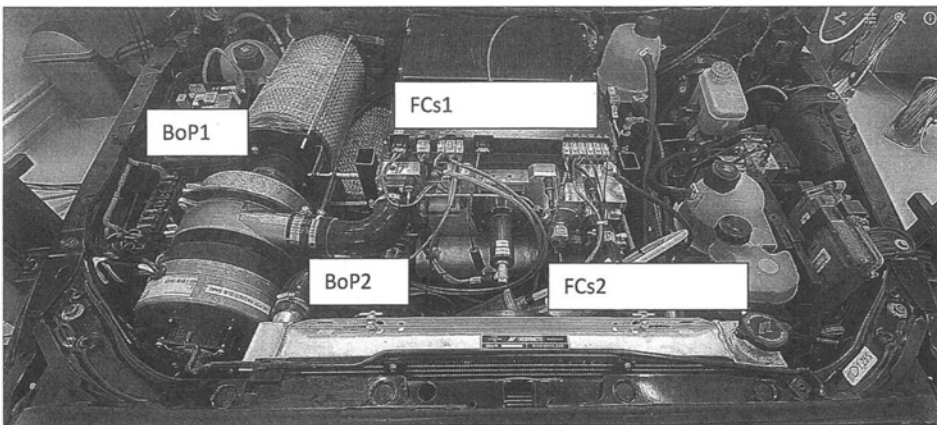
**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)



**Fig. 9.1**



**Fig. 9.2**

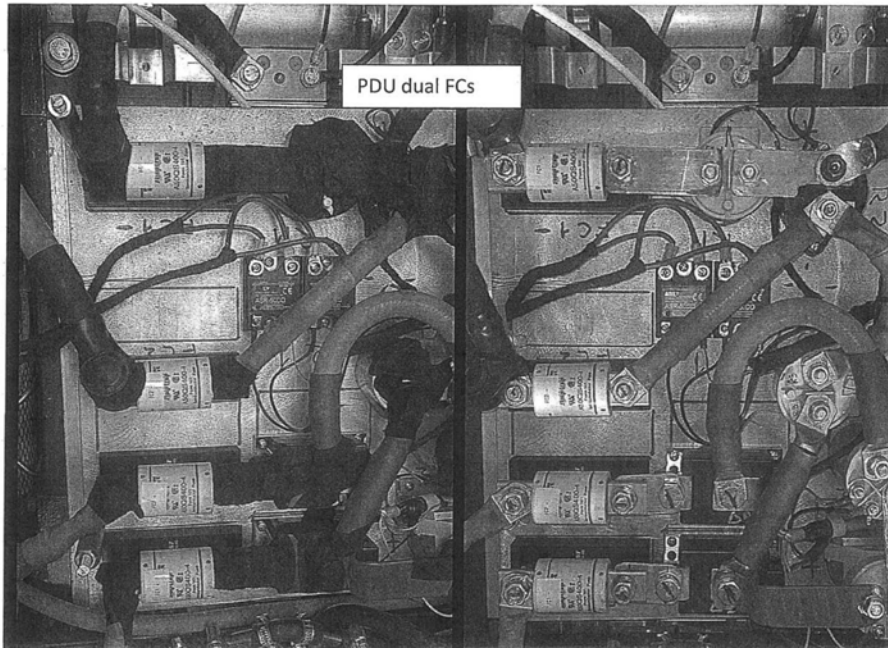
# RO 135821 B1

(51) Int.Cl.

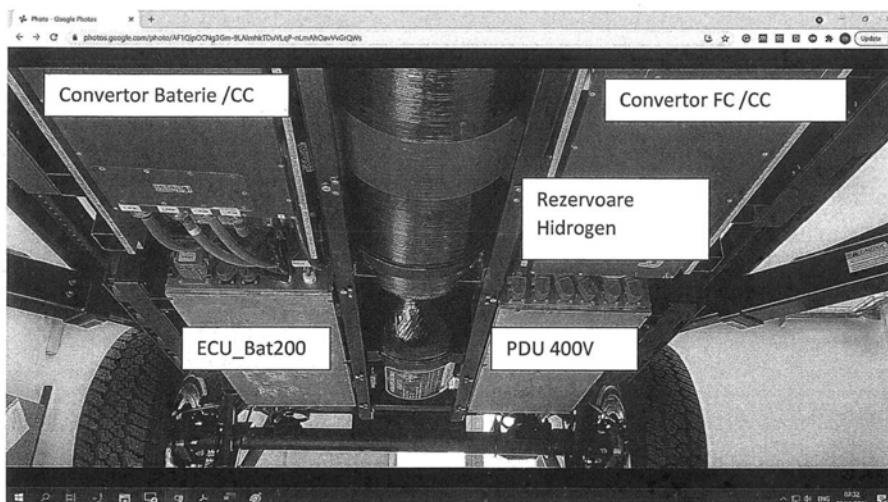
**B60K 6/42** (2007.10);

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)



**Fig. 10**



**Fig. 11**

# RO 135821 B1

(51) Int.Cl.

**B60K 6/42** (2007.10),

**B60L 50/61** (2019.01);

**B60W 20/10** (2016.01)

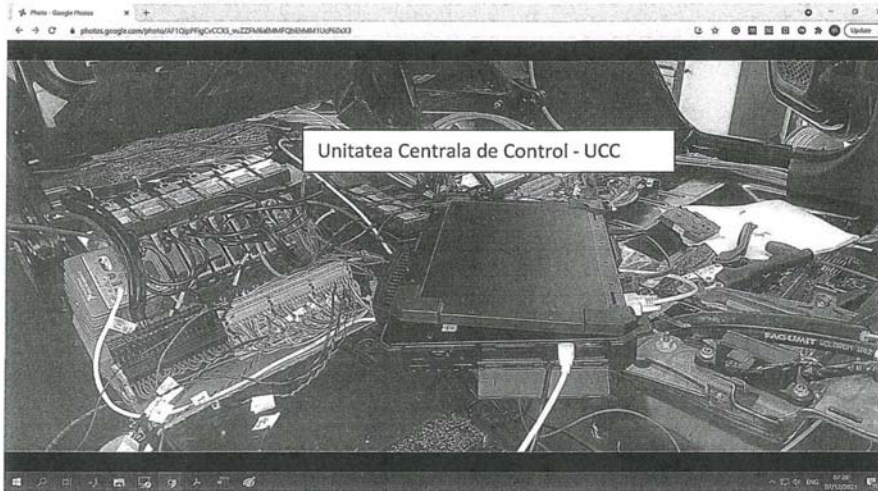


Fig. 12

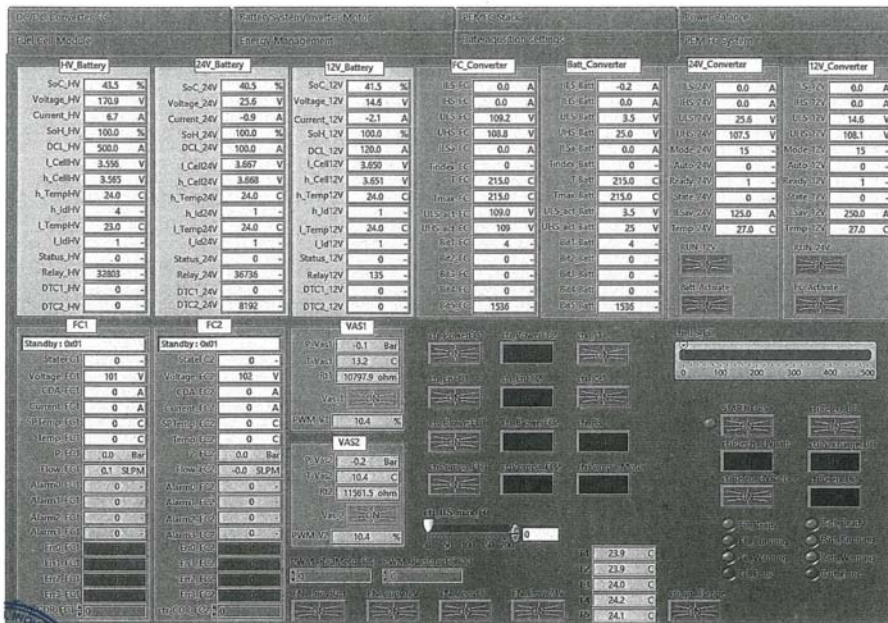


Fig. 13



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM  
 Tipărit la Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 sub comanda nr. 470/2023