



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2009 00119**

(22) Data de depozit: **04/02/2009**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/06/2018** BOPI nr. **6/2018**

(41) Data publicării cererii:
30/11/2010 BOPI nr. **11/2010**

(73) Titular:
• **UNIVERSITATEA "TRANSILVANIA" DIN
BRAȘOV, BD.EROILOR NR.29, BRAȘOV,
BV, RO**

(72) Inventatori:
• **BORZA PAUL NICOLAE,
CALEA BUCUREȘTILOR NR.44, BL.S20,
AP.5, COD 500365, BRAȘOV, BV, RO;**

• **CARP MARIUS CĂTĂLIN, STR.MIERLEI
NR.14, BL.C16, SC.A, AP.28, BRAȘOV, BV,
RO;**

• **TRAIAN SEBASTIAN ȘTEFAN,
STR.URZICENI NR.3, BL.15, SC.A, AP.10,
BRAȘOV, BV, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 5359308 (A); EP 1864849 (A1)

(54) **SISTEM DE MANAGEMENT ENERGETIC PENTRU VEHICULE
CU MOTOARE CU ARDERE INTERNĂ**



RO 125864 B1

1 Invenția se referă la un sistem de management energetic aplicabil pe vehiculele
dotate cu motoare cu ardere internă.

3 Sistemul de management energetic se referă la un vehicul în general numit "plat-
formă mobilă autopurtată", care funcționează temporar izolat energetic în raport cu mediul
5 înconjurător. Acest vehicul dispune de două surse energetice: combustibilul (motorina) din
rezervorul locomotivei și energia electrică stocată de către sistemul hibrid de stocare (baterii
7 și supercondensatori). Astfel, sistemul de management energetic reprezintă un sistem de
control a totalității subsistemelor și acțiunilor care asigură eficientizarea energiei consumate
9 de către vehicul atât la pornire, cât și la schimbarea de viteză, la frânare și oprire, precum
și atunci când asigură monitorizarea funcționării ansamblului și furnizarea de energie
11 celorlalte componente ale sistemului autoportant.

13 Fiind vorba de un vehicul ce dispune de surse de energie hibride (combustibil și
energie electrică), felul în care aceasta este utilizată cât mai eficient constituie funcția obiec-
15 tiv de bază a sistemului de management energetic. Invenția noastră se referă la soluția de
implementare specifică, hardware și software, a acestei probleme. Complexitatea sistemului
17 de management energetic este ilustrată de numărul și structura elementelor componente,
de mulțimea stărilor succesive și a funcțiunilor sistemului, precum și de felul în care toate
acestea sunt intercorelate.

19 În virtutea conceptului generalizat de management energetic al vehiculelor, problema
tehnică rezolvată constă în minimizarea consumului de energie a vehiculului pe toata durata
21 de funcționare a acestuia, nu numai în mișcare, dar și pe durata stărilor de tranziție
repaus-mișcare-repaus (start/stop).

23 Sunt cunoscute actualele sisteme de asigurare a energiei electrice pe vehicule care
dispun de o mașină electrică de curent continuu sau alternativ - pe post de generator, pre-
25 cum și de un sistem de încărcare a bateriilor, energia necesară fiind asigurată de către gene-
ratorul antrenat cu ajutorul motorului cu ardere internă. De obicei, mașinile electrice aflate
27 pe vehicule au dublu rol: asigură pornirea motorului cu ardere internă, perioadă în care
funcționează ca motor, de obicei numit „demaror”, și totodată sunt utilizate ca generator
29 pentru a asigura funcționarea echipamentelor electrice de pe vehicul și a asigura încărcarea
bateriilor de acumulatori. Bateriile joacă rolul de element intermediar (tampon) în procesul
31 de reglare și stabilizare a tensiunii pe vehicul și acela de sursă de energie în procesul de
demaraj al motorului cu ardere internă. Pe vehicule, regimurile tranzitorii de funcționare
33 supun bateriile unor variații importante atât ale curentului de încărcare cât și ale curentului
de descărcare. Aceste regimuri pot apărea la pornirea motorului cu ardere internă, pe durata
35 funcționării acestuia, când consumatorii își comută starea de funcționare, fie automat, urmare
a acțiunii reguletoarelor existente, fie ca urmare a acțiunii operatorului ce supervizează
37 funcționarea vehiculului.

39 Variația importantă a curenților de încărcare-descărcare a bateriilor, în general peste
20% din valoarea capacității acestora, duce la reducerea semnificativă a duratei lor de viață,
ceea ce constituie un dezavantaj important al acestui tip de sisteme.

41 Deși pe vehicule sunt prezente diferite variante de reguletoare de tensiune, acestea
nu pot suplini prin controlul realizat pe durata funcționării motorului cu ardere internă toate
43 variațiile sarcinilor care apar pe vehicul. Constantele de timp ale reguletoarelor, precum și
necesitatea asigurării stabilității acestora, sacrifică mai mult sau mai puțin performanțele lor
45 dinamice, ceea ce se reflectă și prin apariția regimurilor de variație rapidă a curenților pe
baterii, uneori aceștia putând avea o amplitudine importantă. Dinamica bateriilor nu permite
47 suplinirea imediată a cerințelor de curent apărute, în special, a variațiilor de scurtă durată

RO 125864 B1

datorate comutației principalilor consumatori de pe vehicul sau reglării efectuate pe generatorul existent, reflectate și la nivelul bateriilor, prin variații de scurtă durată ale curentului în procesul de încărcare a bateriilor. Toate acestea afectează în sens negativ durata de viață a bateriilor, și constituie un dezavantaj major al acestui gen de sisteme.

Atunci când motorul cu ardere internă nu funcționează, grija pentru menținerea în limite de variație acceptabile a curentului de descărcare al bateriilor este și mai importantă, încercarea de pornire solicită semnificativ bateriile cu consecințe în micșorarea duratei de viață a acestora, acest aspect constituind un dezavantaj major.

Mai mult, în cazul în care nivelul de încărcare a bateriilor este redus, pornirea motorului cu ardere internă, care necesită o putere de vârf ridicată, nu poate fi asigurată, ceea ce duce la indisponibilizarea vehiculului, deci acest aspect constituie, de asemenea, un dezavantaj.

Deseori, repetarea procesului de pornire a vehiculului poate duce la descărcarea „adâncă” a bateriilor, ceea ce cauzează, fără o manifestare prealabilă, distrugerea bateriilor de acumulatori, și reduce semnificativ fiabilitatea și disponibilitatea de ansamblu a vehiculului, fapt care constituie un alt dezavantaj major.

Sunt cunoscute elemente de stocare a energiei cu posibilitatea de încărcare și descărcare rapidă a sarcinii, cum ar fi supercondensatorii având electrozi simetrici realizați din carbon activat, iar electrolitul poate fi solid, organic, sau anorganic-apos. Aceștia din urmă au o densitate de putere ridicată, dar o densitate de energie redusă și astfel, ca atare, nu pot fi utilizați singuri pentru pornirea motoarelor cu ardere internă decât în cazuri particulare, datorită necesității de a furniza energie suplimentară procesului de pornire, ceea ce constituie, de asemenea, un dezavantaj al folosirii singulare a supercondensatorilor drept surse de energie la pornirea motoarelor cu ardere internă, ceea ce constituie un dezavantaj.

Mai mult, în cazul utilizării supercondensatorilor cu electrolit organic sau solid, aceștia prezintă tensiunii nominale pe dispozitiv relativ reduse, sub 10 V, ceea ce face ca în aplicații din domeniul transporturilor, pe vehicule, să fie necesară înserierea unor supercondensatori și utilizarea unor rețele rezistive de echilibrare a montajelor serie ale supercondensatorilor, acest aspect constituind un dezavantaj. Spre deosebire de tipurile menționate mai înainte, celulele de supercondensatorii având electrolit apos pot fi integrate în dispozitive compacte în tehnologia „stacked”, realizându-se astfel supercapacitori de înaltă tensiune (zeci, sute de volți tensiune nominală) care nu necesită niciun element extern de echilibrare.

Sunt cunoscute realizările ce privesc dispozitive compuse din baterii și supercapacitori care, în general, sunt conectați în paralel, în scopul compensării variațiilor de curent atât de scurtă durată, cât și a acelor de durată medie sau lungă. Utilizarea în conexiuni electrice necomandate a bateriilor împreună cu supercondensatorii, de obicei conectate în paralel în circuitele electrice de pe vehicul, nu determină îmbunătățirea semnificativă a funcționării sistemelor electrice, ceea ce constituie un dezavantaj al acestui gen de sisteme.

Mai mult, prezența supercondensatorului nu este exploatată, căci bateriile în raport cu supercondensatorii prezintă o rezistență echivalentă serie, internă, dinamică, relativ mare (în primele zeci, sute de milisecunde), iar prin capacitatea net mai mare a bateriilor în raport cu supercondensatorii, respectiv densitatea de energie mare, acestea vor limita variația tensiunii la bornele supercondensatorului. Astfel, doar o foarte mică parte din energia stocată pe supercondensatori va putea fi efectiv folosită - extrasă, ceea ce constituie, de asemenea, un dezavantaj, conform determinărilor ilustrate de fig. 6 (curbele E și F).

În cazul bateriilor, din motive ce țin de stabilitatea și durata de viață a acestora, doar o foarte mică parte din energia stocată va putea fi folosită efectiv, fără a afecta semnificativ durata de viață a acestora, ceea ce duce la necesitatea supradimensionării capacității bateriilor

RO 125864 B1

1 încă din faza de proiectare și implică pentru obținerea unor performanțe acceptabile, accep-
tarea unei greutate portante pe vehicule mărite cu consecințe directe de reducere a eficienței
3 energetice globale a vehiculelor, deci constituie un dezavantaj.

Adăugăm și faptul că, pentru obținerea curenților necesari pornirii vehiculelor, prin
5 proiectare, are loc o supradimensionare semnificativă a bateriilor, ce duce la efecte econo-
mice negative asupra prețului, dar și legate de reciclare, de afectarea mediului inclusiv prin
7 creșterea consumului specific al vehiculului, urmare a greutății portante mărite, toate aceste
elemente constituind dezavantaje pentru vehicul.

9 Utilizarea unor elemente de comutație de tip electromecanic, contactori, întrerup-
toare, nu este de dorit, căci timpii de comutație ai acestora sunt uneori comparabili cu const-
11 ante de timp ce caracterizează variația rezistenței echivalente serie a bateriilor, iar, de
asemenea, durata comutației contactoarelor poate varia în raport cu tensiunea la care bobi-
13 nele acestora sunt alimentate, și nu sunt mereu exact aceiași, ceea ce afectează precizia
reglării atunci când sunt utilizați pe vehicule, ceea ce constituie un dezavantaj.

15 Menționăm că, dacă ciclabilitatea bateriilor cu plumb este puternic limitată la maxi-
mum câteva sute de cicluri de încărcare/descărcare, dar nu numai a acestora, ci și a celorlalte
17 tipuri de baterii, spre exemplu Li-Ion, unde se pot atinge cel mult câteva mii de cicluri, în cazul
supercondensatorilor, această ciclabilitate atinge valori de ordinul sutelor de mii sau
19 milioane de cicluri de încărcare/descărcare. Mai mult, aceste cicluri pot să se deruleze cu
descărcarea până la zero a tensiunii pe supercondensator, pe când la baterii acest nivel este
21 în medie de maximum 15...20% din capacitatea totală a bateriilor, deci soluțiile de sisteme
ce presupun utilizarea exclusivă a bateriilor nu sunt eficiente și suficient de fiabile ceea ce
23 constituie un dezavantaj major.

Se cunosc sisteme de management energetic de pe vehicule care tratează unitar toate
25 circuitele electrice existente pe acestea, ceea ce face ca anumite caracteristici ale elementelor
de acționare (în special ale mașinilor electrice, în speță a demaroarelor cu excitație serie care
27 asigură un cuplu de pornire ridicat, dar cu solicitarea semnificativă a bateriilor) să nu poată
fi exploatate. La fel se petrece și cu motoarele cu ardere internă care deseori în procesul de
29 pornire prezintă un regim instabil de funcționare, exploziile apărute la nivelul motorului cu ardere
internă cedează parțial energia apărută elementelor mecanice ale sistemului, dar și ansamblului
31 convertor electromecanic (demaror), circuite de pornire și baterie, acesta din urmă funcționând
ca un amortizor sau filtru trece jos al procesului dinamic datorat exploziei amestecului carburant
33 în cilindrii motorului cu ardere internă, deci consumând parțial din energia primelor explozii
ale amestecului carburant, ceea ce reprezintă un dezavantaj.

35 Existența a două elemente de stocare a energiei pe vehicul, unul având o constantă
de timp foarte redusă (de ordinul milisecundelor) și altul cu o constantă de timp medie (de
37 ordinul zecilor, sutelor de milisecunde) nu este exploatată pe sistemele cunoscute, în scopul
reducerii greutății portante, al creșterii eficienței energetice globale. De asemenea, utilizarea
39 supercondensatorilor nu este exploatată dual în faza de pornire a motorului cu ardere
internă, și ulterior, când acesta funcționează, ceea ce constituie un dezavantaj atât din punct
41 de vedere economic (preț de cost al vehiculului mărit), dar și din punctul de vedere al calității
reglării tensiunii pe vehicul și al fiabilității bateriilor.

43 Sunt cunoscute sisteme de comutație electrică a tiristoarelor care dispun de circuite
de stingere separate care au în general un element acumulator de energie prin a cărui
45 comutare comandată se aplică o tensiune inversă pe tiristor în vederea forțării trecerii prin
zero a curentului dintre anod și catod, deci realizează stingerea acestuia. Astfel de sisteme
47 dispun practic de un ansamblu de elemente electrice și electronice care compun circuitul de
stingere, complicând sistemul pe ansamblu și ducând la reducerea fiabilității de ansamblu,
49 ceea ce reprezintă un dezavantaj al utilizării acestora.

RO 125864 B1

Sunt cunoscute sisteme de pornire a motoarelor cu ardere internă pe vehicule care prezintă fie senzori de turație, fie senzori de zgomot care sesizează pornirea sigură, fiabilă a motorului cu ardere internă. La aceste sisteme, senzorii sunt cuplați mecanic, fie rigid, fie prin intermediul unor elemente de legătură, la motorul cu ardere internă, indicațiile senzorilor putând fi afectate de erori datorate cuplajului funcțional mecanic realizat între senzor și motorul cu ardere internă, în cazul senzorului de zgomot factori externi, cum ar fi zgomotul ambiental sau vibrația unor elemente constructive ale vehiculului, pot determina artefacte în procesul de sesizare a stării motorului cu ardere internă sau complicații privind sistemul de procesare de semnal, ceea ce constituie, de asemenea, un dezavantaj al acestor sisteme.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în detectarea automată a momentului optim de comutație cu efecte ce constau în creșterea eficienței energetice și reducerea totodată a duratei procesului de pornire a motorului cu ardere internă.

Sistemul de management energetic rezolvă problema tehnică menționată prin aceea că include:

- un subsistem de implementare interfață om-sistem de management energetic dotat cu microprocesor care transmite comenzi către toate subsistemele de calcul de pe vehicul care sunt interconectate informațional printr-un switch, implementând funcțiuni de depanare ce permit determinarea stării sistemului de management energetic și a subsistemelor aferente, precum funcțiuni de înregistrare a mărimilor de interes cum sunt: tensiunea pe bateriile de acumulatori și pe supercondensatori, nivelul de încărcare al bateriilor, curenții și tensiunile în circuitele principale ale sistemului de management energetic, precum și duratele de timp cât vehiculul a funcționat sau a staționat;

- un subsistem de control proces de pornire a motorului cu ardere internă, conectat prin intermediul switch-ului la subsistemul de implementare interfață om-mașină, subsistem care dispune de un sistem de procesare numerică bazat pe microcontroler;

- un subsistem de monitorizare a curentului și tensiunii în circuitul demarorului în faza de pornire a motorului cu ardere internă, respectiv de stabilizare a tensiunii generate pe vehicul pe durata cât motorul cu ardere internă funcționează, conectat prin intermediul switch-ului la subsistemul de implementare interfață om-mașină, care este implementat pe baza unui microcontroler care dispune de memorie, interfețe de comunicație și convertoare analog-digitale care permit achiziția cu o frecvență de eșantionare de 1 K eșantion/s a fiecăreia dintre mărimile monitorizate;

- un subsistem de încărcare optimală a bateriilor de acumulatori, conectat prin switch la subsistemul de implementare interfață om-mașină, care este implementat cu ajutorul unui microcontroler.

Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că subsistemul de încărcare optimală include cel puțin câte un element de stocare temporară a energiei electrice cu o caracteristică de încărcare și descărcare având constanta de timp rapidă, și cel puțin un element de stocare a energiei electrice cu o caracteristică de încărcare și descărcare cu constantă de timp medie.

Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că elementele de stocare temporară a energiei electrice cu o caracteristică de încărcare și descărcare având constanta de timp rapidă sunt supercondensatori de tip „stacked” de înaltă tensiune cu electrolit apos, ce prezintă o densitate de putere extrem de ridicată, în concordanță cu caracteristicile demarorului, ceea ce face ca acesta să poată debita cvasiinstantaneu cuplul maxim de pornire, îmbunătățindu-se prin aceasta comportamentul dinamic al sistemului.

Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că subsistemul de control proces de pornire a motorului cu ardere internă conține:

- o rezistență de limitare a curentului de încărcare a supercapacitorilor pentru limitarea vârfului de curent care apare la comutația bateriei pe supercapacitor;

RO 125864 B1

1 - un tranzistor MOSFET de putere, în serie cu o diodă de sens, comandat de printr-un
semnal de comandă activat, urmare a recepționării de către sistem a telegramei de start a
3 încărcării supercondensatoarelor de la sistemul de implementare interfață om-sistem de
management energetic;

5 - un dispozitiv de comutație de putere care se va aprinde ca urmare a activării unei
comenzi de pornire primită de la subsistemul de implementare interfață om-sistem și care
7 va închide circuitul de descărcare a supercapacitorilor pe motorul utilizat drept demaror;

9 - un temporizator intern comandat de un semnal de comandă ca urmare a recepțio-
nării semnalului de comandă din partea sistemului de monitorizare a tensiunii pe demaror
și a minimelor relative ale curentului pe demaror, la detectarea de către acesta a pragului
11 presetat, fie urmare depășirii duratei de temporizare, pentru a limita procesul de încărcare
independent de starea de încărcare a supercondensatorilor după un timp presetabil și
13 dependent de baterii, supercondensatori și elementul de limitare din cadrul circuitului de
încărcare.

15 Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că dispozitivul de comutație de
putere este un tiristor.

17 Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că temporizatorul intern este un
tranzistor IGBT.

19 Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că subsistemul de monitorizare
a curentului și tensiunii în circuitul demarorului în faza de pornire a motorului cu ardere
21 internă conține:

23 - un senzor Hall de tensiune pentru monitorizarea variației tensiunii pe superconden-
satori;

25 - un senzor de tensiune pentru măsurarea tensiunii de pe baterii, pentru a stabili
valoarea nivelului de încărcare al bateriilor;

27 - un senzor Hall de curent pentru monitorizarea curentului pe supercondensatori, pe
de-o parte determinând variația tensiunii pe demaror (U_D) și, pe de altă parte, detectând
oscilațiile curentului (I_{DG}), apărute în circuitul demarorului, numărând minimele relative care
29 corespund exploziilor amestecului carburant care apar în motorul diesel al locomotivei;

31 - un alt senzor de tensiune Hall care monitorizează variația tensiunii, la atingerea
valorii de 98% din tensiunea de pe baterii, și care, împreună cu senzorul de curent, utilizează
drept semnale de control, pentru tensiune, semnalul cules de pe supercapacitorii pe post de
33 elemente de filtrare/stocare;

35 - un traductor de temperatură care oferă un semnal referitor la temperatura și la
variația acesteia la nivelul bateriilor, semnal de corecție a prescrierilor factorului de umplere
a impulsurilor de curent, precum și de limitare a încărcării atunci când supratemperatura
37 bateriilor poate afecta durata de viață a acestora.

39 Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că sistemul, conform invenției, mai
conține un tahogenerator cuplat rigid la arborele motorului diesel al locomotivei, ale cărui
impulsuri de tensiune sunt formate și numărate pe o durată de timp setată în prealabil la
41 300 ms, permițând astfel, pe lângă redundanța structurală prevăzută, și generarea automată
a unui semnal ce indică pornirea sau nu a motorului cu ardere internă.

43 Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că, pentru alimentarea cu tensiune
a excitației derivației de la bateriile locomotivei, respectiv de pe supercondensatori, atunci
45 când pentru baterii se măsoară EMF, mașina electrică devenind generatorul de energie
pentru toate elementele electrice de pe locomotivă, debitând energia direct pe superconden-
47 satori, mai conține o diodă de sens, o inductanță și un comutator electronic de putere.

RO 125864 B1

Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că, pentru aplicarea tensiunii stabilizate de pe supercondensatori, mai conține un comutator electronic de putere (IGBT) care este comandat în regim de modulare de impulsuri în durată, curentul injectat fiind tradus în semnal de tensiune de către un senzor de curent Hall.	1 3
Problema tehnică mai este rezolvată și prin aceea că, pentru alimentarea de pe supercondensatori a instalației electrice a locomotivei, mai conține un comutator electronic IGBT, care este comandat de către un semnal de comandă izolat galvanic în raport cu subsistemul de monitorizare, comandă care evită desaturarea comutatorului electronic și care este protejată contra comutării pe scurtcircuit a IGBT-ului.	5 7 9
Invenția prezintă următoarele avantaje:	
- îmbunătățește procesul de pornire a motorului cu ardere internă prin injectarea unui curent conform nevoilor demarorului în conjuncție cu caracteristicile motorului cu ardere internă, fără a afecta în același timp bateriile de acumulatori, pentru care curentul este menținut în limitele de variație mult diminuate și acceptate de către acestea;	11 13
- îmbunătățește calitatea sistemului regulator de tensiune prin evitarea vârfurilor de curent ce apar inerent la comutația elementelor electrice în circuitele electrice ale vehiculului;	15
- îmbunătățește pornirea la rece, în condiții de nivel de încărcare redusă a bateriilor, pentru motorul cu ardere internă;	17
- optimizează dinamic utilizarea energiei electrice disponibile pe vehicul în scopul menajării bateriilor;	19
- optimizează procesul de comutație a elementelor electrice în circuitele de pornire, precum și în funcționarea sistemului regulator de tensiune de pe vehicul;	21
- reduce greutatea portantă pe vehicul în condițiile menținerii sau chiar îmbunătățirii performanțelor reglatoarelor de pe vehicul, precum și a sistemului de control al pornirii motorului cu ardere internă;	23 25
- crește fiabilitatea și durata de viață a bateriilor îmbarcate pe vehicul;	
- îmbunătățește interfața om-mașină pe vehicul, necesară supervizării proceselor energetice controlate pe vehicul;	27
- crește eficiența energetică a proceselor de pornire, încărcare a bateriilor și furnizare a energiei electrice necesare pe vehicul;	29
- în afara acestor îmbunătățiri directe, invenția are consecințe indirecte, cum sunt cele de reducere a poluării, reducere a consumului de combustibil și a eforturilor materiale și tehnice privitoare la reciclarea elementelor componente ale vehiculelor;	31 33
- sistemul de management energetic, conform invenției, este un sistem dotat cu microprocesoare, elemente de memorie, interfețe, senzori, mijloace de comandă și control, și programe de calculator, fiind distribuit pe mai multe subsisteme interconectate informațional prin intermediul unei rețele locale de comandă și control. Fiecare dintre subsisteme cuprinde un microprocesor sau microcontroler dotat cu memorie, senzori, interfețe specifice, elemente de comandă și control, precum și programe care implementează una sau mai multe funcțiuni.	35 37 39
În continuare, se dă un exemplu de aplicare a invenției pentru locomotiva diesel hidraulică LDH1250CP, fără însă a limita domeniul de utilizare a invenției, în legătură cu fig. 1...8, care reprezintă:	41 43
- fig. 1, schema bloc a sistemului de management energetic;	
- fig. 2, schema detaliată a circuitelor energetice ale sistemului de management energetic, respectiv elementul 3 din fig. 1;	45
- fig. 3 reprezintă variația tensiunii de-a lungul procesului de pornire în două situații: A pentru locomotiva LDH1250CP originală, respectiv B pentru prototipul ce dispune de noul sistem de management energetic;	47 49

RO 125864 B1

1 - fig. 4 reprezintă variația curentului de-a lungul procesului de pornire în două situații:
2 **C** pentru locomotiva LDH1250CP originală, respectiv **D** pentru prototipul ce dispune de noul
3 sistem de management energetic;
4 - fig. 5 reprezintă variația în primele 600 ms ale rezistenței echivalente serie calculate
5 pentru bateriile locomotivei LDH1250CP, curba de variație **E**, respectiv pentru superconden-
6 satorii folosiți în același scop, curba de variație **F**;
7 - fig. 6 reprezintă variația normalizată a tensiunii **G**, respectiv a curentului **H** pe durata
8 pornirii prototipului LDH1250CP dotat cu sistemul de management energetic propus de
9 invenție;
10 - fig. 7 reprezintă schema logică a algoritmului de control pentru traductorul inteligent
11 de pornire a motorului diesel, cu referire la sistemul de management energetic cu structura
12 dată în fig. 1, conform descrierii din brevet;
13 - fig. 8 se referă la organigrama stărilor succesive prin care trece sistemul de mana-
14 gement energetic, conform invenției.
15 Sistemul de management energetic cuprinde următoarele subsisteme:
16 - subsistemul **1** care implementează interfața om-sistem de management energetic,
17 conform invenției;
18 - routerul, conform invenției;
19 - subsistemul **3** dedicat controlului procesului de pornire a motorului cu ardere
20 internă, conform invenției;
21 - subsistemul **4** dedicat procesului de monitorizare a curentului și tensiunii în circuitul
22 demarorului în faza de pornire a motorului cu ardere internă, respectiv de stabilizare a ten-
23 siunii generate pe vehicul pe durata în care funcționează motorul cu ardere internă, conform
24 invenției, și care funcționează pe baza organigramei, conform invenției;
25 - subsistemul **5** dedicat încărcării optime a bateriilor de acumulatori și care funcțio-
26 nează în conformitate cu algoritmi descriși de către figurile parte integrantă și conforme
27 invenției.
28 Această organizare distribuită permite realizarea cu ușurință a funcțiilor de comandă
29 și control în timp real ale proceselor care se derulează în cadrul sistemului de management
30 energetic de pe vehicul, crescând fiabilitatea și disponibilitatea sistemului, în sensul că
31 defectarea unuia dintre subsisteme nu indisponibilizează tot ansamblul, căci prin program
32 subsistemele pot asigura cel puțin o minimală compensare funcțională a subsistemului
33 defect, inclusiv prin strategia de programare defensivă adoptată la proiectarea programelor
34 care rulează pe diferitele subsisteme ale sistemului de management energetic.
35 Echipamentul ce implementează sistemul de management energetic dispune de ele-
36 mente energetice, precum și de sisteme de procesare a informațiilor compuse din micropro-
37 cesoare sau microcontrolere având interfețe de comandă, control și achiziție prin care sunt
38 interconectate. Astfel, subsistemul **1** ce implementează interfața om-mașină asigură, prin
39 intermediul unei tastaturi și al unui ecran, dialogul cu operatorul uman. Acesta poate să
40 transmită comenzi către toate subsistemele de calcul de pe vehicul care sunt interconectate
41 informațional. Sunt implementate funcțiuni de depanare ce permit determinarea stării
42 sistemului de management energetic și a subsistemelor aferente, precum funcțiuni de înre-
43 gistrare a mărimilor de interes, cum sunt: tensiunea pe bateriile de acumulatori și pe super-
44 condensatori **10**, nivelul de încărcare al bateriilor **6**, curenții și tensiunile în circuitele prin-
45 cipale ale sistemului de management energetic, precum și duratele de timp cât vehiculul a
46 funcționat sau a staționat. Prin aceasta se înlătură unele dintre dezavantajele menționate mai
47 înainte, asigurându-se atât informarea imediată a operatorului uman, cât și asistarea
acestuia în procesul de depanare a sistemului.

RO 125864 B1

Subsistemul **3** dedicat procesului de pornire a motorului cu ardere internă se compune din bateria de acumulatori care furnizează, urmare a comenzii recepționate de la operator prin intermediul subsistemului **1** ce implementează interfața om-mașină, comanda de încărcare prealabilă a supercondensatorului **10**, comandă executată de către un dispozitiv electronic de putere **13** ce va comuta în starea „on” (circuit electric închis) atunci când operatorul a apăsât tasta de pregătire a pornirii. Utilizând un element **7** de limitare a curentului, vârful de curent care apare la comutația bateriei **6** pe supercapacitorul **10** este limitat, valoarea maximă fiind stabilită în prealabil la maximum 20% din capacitatea bateriilor de acumulatori. Sincron cu comanda de încărcare aplicată cu ajutorul dispozitivului **13** de comutație de putere, prin programul care se execută pe sistemul de calcul dotat cu microcontroler, are loc declanșarea unui temporizator intern **18** ce are rolul de a limita procesul de încărcare independent de starea de încărcare a supercondensatorului **10** după un timp presetabil și dependent de bateriile **6**, supercondensatorii **10** și elementul de limitare **7** din cadrul circuitului de încărcare. Același semnal de start a încărcării va fi transmis subsistemului **4** de monitorizare a curentului și tensiunii, care, pe toată durata procesului de încărcare a supercondensatorului **10**, va achiziționa informațiile corespunzătoare tensiunii atinse pe supercondensatorii **10** și va transmite subsistemului **4** de pornire a motorului cu ardere internă semnalul de trecere în starea „off” (deschiderea circuitului electric) a dispozitivului electronic **13** de putere atunci când tensiunea pe supercondensatorul **10** va depăși 98% din valoarea tensiunii de pe baterii, informând totodată operatorul uman asupra noii stări apărute în sistem. Menționăm că, independent de măsurile mai sus menționate, dispozitivul de comutație de putere **13** este prevăzut cu un sistem de anulare automată a comenzii în cazul încercării de a comuta pe scurtcircuit în starea „on”, cu informarea simultană a operatorului. Prin redundanța funcțională, creată hardware și prin program (software), se crește fiabilitatea subsistemului **3** de pornire a motorului cu ardere internă, înlăturându-se astfel posibilele situații de blocare în conducție a dispozitivului de comutație **13**, și se îmbunătățește funcționalitatea sistemului prin generarea automată, în caz de funcționare defectuoasă a acestuia, a unui semnal de avertizare a operatorului uman, înlăturându-se astfel o parte din deficiențele menționate anterior.

La inițiativa operatorului uman, prin intermediul subsistemului **1** interfață om-mașină, este transmisă comanda de start a motorului cu ardere internă către subsistemul de pornire a motorului cu ardere internă. Ca urmare a acestei comenzi, tiristorul **13**, ca dispozitiv de comutație de putere, va comuta în starea „on”, începând să descarce supercondensatorul **10** în circuitul electric al motorului de curent continuu cu excitație serie utilizat drept demaror. Folosind drept elemente de stocare supercondensatori de tip „stacked” de înaltă tensiune cu electrolit apos, dispunem practic de un element de stocare a energiei ce prezintă o densitate de putere extrem de ridicată în concordanță cu caracteristicile demarorului, ceea ce face ca acesta să poată debita cvasiinstantaneu cuplul maxim de pornire, îmbunătățindu-se prin aceasta comportamentul dinamic al sistemului și totodată, în cazul motoarelor cu ardere internă diesel, crește viteza de compresie spre limitele maxime admise, ceea ce îmbunătățește semnificativ condițiile de pornire ale motorului cu ardere internă, înlăturându-se astfel o parte dintre deficiențele mai sus menționate.

În funcție de dimensionarea elementului **10** de stocare temporară a energiei, precum și în funcție de tipul motorului cu ardere internă și de alți parametri termici și mecanici, motorul cu ardere internă poate porni ca urmare a primului impuls de tensiune aplicat de pe supercondensator **10** sau necesită prelungirea procesului de pornire prin aplicarea tensiunii de pe baterii în circuitul demarorului. Această decizie ține de proiectantul sistemului care,

RO 125864 B1

1 experimental sau prin modelare teoretică, va preciza și apoi implementa prin program
strategia de pornire. În ambele situații însă, primul impuls de curent va fi preluat de pe super-
3 condensatorul **10**, înlăturându-se astfel un dezavantaj important menționat anterior. Sincron
cu comanda de aprindere a tiristorului **13** care va descărca în circuitul demarorului împreună
5 cu supercondensatorul **10**, are loc declanșarea monitorizării curentului și a tensiunii aplicate
pe demaror, monitorizare ce cade în sarcina subsistemului **4** de monitorizare a curentului și
7 tensiunii. Prin procesarea de către acesta a semnalelor mai sus menționate, sunt detectate
stările succesive prin care trece atât demarorul, cât și motorul cu ardere internă. Pe de-o
9 parte, monitorizarea tensiunii oferă informațiile despre viteza de rotație cu care demarorul
antrenează motorul cu ardere internă, iar pe de altă parte, senzorul de curent **12** oferă infor-
11 mații asupra „sarcinii mecanice” reflectate la nivelul arborelui demarorului. Astfel, monito-
rizând tensiunea, este detectată variația vitezei unghiulare de rotație a demarorului și,
13 implicit, a motorului cu ardere internă, iar pe de altă parte, variația curentului în circuitul
demarorului va decela apariția exploziilor amestecului carburant în cilindrii motorului cu
15 ardere internă, variație ce determină modificarea cuplului rezistent la arborele demarorului.
Cum varietatea condițiilor de pornire a motorului cu ardere internă este largă și influențează
17 pozitiv sau negativ pornirea acestuia (temperatura, viscozitatea uleiului, frecările mecanice),
sistemul descris mai înainte, conform invenției, va înlătura dezavantajele mai sus menționate
19 și va permite comutarea automată, autonomă în raport cu factorii de influență externi, a
circuitului de alimentare a demarorului de pe supercondensatori pe baterii, în ambele situații,
21 atunci când pornirea motorului cu ardere internă presupune includerea acestei etape și
atunci când aceasta nu este necesară, comutatorul electronic complet comandat aplică, pe
23 durata în care se menține prin program alimentarea demarorului de la baterii **6**, respectiv pe
durata de timp corespunzătoare timpului de stingere a tiristorului **13**, tensiunea de pe
25 acestea pe demaror, care implicit duce la stingerea (trecerea în stare „off”) acestuia. Metoda
originală dezvoltată se bazează pe monitorizarea tensiunii și curentului în circuitul de descăr-
27 care a supercondensatorilor **10** pe demaror și constă în determinarea printr-un algoritm de
calcul, implementat pe sistemul dotat cu microcontroler ce rulează programul corespunzător,
29 a punctelor extrem de relative ale curentului din circuit; informația furnizată corespunde
numărului de explozii ale amestecului carburant ce apar în motorul cu ardere internă - și a
31 tensiunii pe supercondensatorii **10** sau demaror - informație ce relevă viteza de rotație a
motorului cu ardere internă. Experimental, pentru fiecare sistem în parte și pentru un set de
33 temperaturi ce acoperă domeniul de funcționare al motorului, se va determina pragul cores-
punzător turației minime atinse în procesul de start pentru care regimul de funcționare al
35 motorului cu ardere internă rămâne stabil - prag dependent de tipul de motor cu ardere
internă - cu benzină sau diesel -, de sistemul de control a motorului cu ardere internă, pre-
37 cum și de sistemul de alimentare cu combustibil al acestuia, sisteme care asigură reglarea
turației și a puterii motorului.

39 Atingerea acestui regim este, de asemenea, dependentă de numărul de explozii
apărute în cilindrii motorului pe durata procesului de pornire a acestuia. În funcție de dimen-
41 sionarea elementelor electrice ce concură la imprimarea mișcării de rotație a motorului cu
ardere internă, de supercondensatorii **10**, capacitatea bateriilor **6**, elementele de comutație
43 **13**, precum și de temperatură, se adoptă strategia de pornire cu comutarea în circuitul dema-
rorului și a bateriilor de acumulatori, sau este suficientă doar descărcarea supercondensa-
45 torilor **10** în circuitul demarorului. Menționăm ca, la comutarea bateriilor în circuitul de alimen-
tare a demarorului, cum acesta este găsit în mișcare, curentul maxim preluat de la baterii
47 este mult redus, protejându-se odată în plus bateriile. Metoda pe care se bazează implemen-
tarea programelor de funcționare ale subsistemului **3** de pornire a motorului cu ardere

RO 125864 B1

internă, precum și a subsistemului **4** de monitorizare a tensiunii și curentului în circuitul demarorului, constă în efectuarea unui șir de porniri ale motorului cu ardere internă în condiții de temperatură și de nivel de încărcare a bateriilor cunoscut. Prin variația duratei de descărcare a supercondensatorilor **10** în circuitul demarorului, se determină la o temperatură din domeniul de temperaturi de funcționare admis pentru motor, și, respectiv, la un anumit nivel de încărcare a bateriilor vehiculului, momentul optim de timp la care motorul a pornit sigur prezentând un regim de funcționare stabil. Se măsoară tensiunea până la care supercondensatorii **10** s-au descărcat, precum și numărul de explozii apărute în cilindrii motorului cu ardere internă. Toate aceste valori sunt determinate în condiții specifice vehiculului, respectiv la o anumită capacitate proiectată pentru bateriile de acumulatori și supercondensatorii care echipează vehiculul dat. Valorile determinate astfel, experimental, sunt memorate într-o tabelă din memoria subsistemului **3** dedicat controlului procesului de pornire a motorului cu ardere internă și vor fi folosite drept valori de referință pentru controlul procesului de start al motorului cu ardere internă. În cazul în care motorul necesită prelungirea duratei procesului de start, șirul de măsurători va urmări determinarea momentului optim de timp astfel încât să fie maximizat raportul dintre curentul maxim preluat la pornire de către demaror de pe supercapacitorii **10** și curentul preluat la momentul comutației pe baterii **6** a demarorului, aceste valori fiind memorate drept valori ale time-outului setabil pe subsistemul **3** de control a pornirii motorului cu ardere internă. Sunt determinate totodată și punctele de extremă relativă ale curentului, apărute în procesul de descărcare a supercondensatorilor **10** în circuitul electric al demarorului și numărate minimele acestora. Durata alimentării demarorului de la baterii se determină experimental, valoarea acestei durate fiind memorată de asemenea în memoria subsistemului dedicat pornirii motorului cu ardere internă. Astfel, subsistemul **3** dedicat pornirii motorului cu ardere internă va dispune de tabele de definire a valorilor de decizie, setate în prealabil, în funcție de tipul de motor și caracteristicile sistemelor de control ale acestuia. Pentru motoarele care nu necesită prelungirea procesului de start prin comutarea în circuitul demarorului a bateriilor de acumulatori **6**, în funcție de parametrii temperatură motor, temperatură și nivel de încărcare a bateriilor, pentru fiecare din parametrii menționați sunt definite următoarele valori: numărul de minime relative ale curentului în circuitul demarorului atunci când acesta este alimentat de pe supercondensatori **10**, durata de temporizare a aplicării tensiunii de pe supercondensatori pe demaror și valoarea tensiunii minime admise la descărcarea acestora.

Tabele vor fi definite în funcție de fiecare tip de motor pentru un număr (de puncte) de valori ale parametrilor adecvat calității controlului dorit a fi obținut. În cazul în care vehiculul necesită prelungirea procesului de start și prin comutarea bateriilor de acumulatori în circuitul demarorului, tabela mai sus specificată este completată cu valorile duratei de menținere a alimentării de la baterii a demarorului care va fi considerată drept valoare de time-out pentru comanda ce menține închis circuitul de alimentare a demarorului de la baterii. Astfel, subsistemul **4** de monitorizare a curentului și tensiunii, împreună cu utilizarea semnalului de turație a arborelui motorului cu ardere internă de la traductorul existent pe vehicul, și cu subsistemul **3** dedicat pornirii motorului cu ardere internă constituie un traductor „inteligent” capabil să detecteze automat momentul optim de comutație cu efecte ce constau în creșterea eficienței energetice și reducerea totodată a duratei procesului de pornire a motorului cu ardere internă. Separându-se, în prima fază a pornirii motorului cu ardere internă, circuitele de furnizare a energiei de pornire în cel având drept sursă supercondensatorul și, respectiv, în cel ce are drept sursă bateriile **6**, și aplicându-se mai întâi tensiunea supercondensatorului **10** încărcat pe demaror, se permite supercondensatorului, în corelație cu traductorul „inteligent”, să se descarce mai „adânc” decât ar fi permis acest lucru bateriile

RO 125864 B1

1 **6**, fără a întâmpina dezavantajele descărcării „adânci” a bateriilor ce au consecințe catastro-
fale asupra fiabilității și duratei lor de viață. Aceasta duce totodată la utilizarea în proporții
3 mai mari a energiei stocate pe supercondensator **10**, (cel puțin 65...80% din energia stocată),
5 la antrenarea efectivă a motorului cu ardere internă, mai mult, chiar asigurându-se o formă
de variație a curentului, respectiv a cuplului și accelerației la nivelul cilindrului motorului cu
7 ardere internă care favorizează aprinderea amestecului carburant. Utilizarea tiristorului **13**
pe post de dispozitiv de comutație a tensiunii de pe supercondensator pe demaror, în corela-
9 ție cu un dispozitiv de comutație comandat în circuitul baterii-demaror, elimină necesitatea
introducerii unui circuit de stingere a tiristorului, acesta fiind constituit în fapt chiar de către
11 dispozitivul de comutație mai înainte menționat, în corelație cu bateriile. Astfel, cum tensiu-
nea pe supercondensatorul **10** scade imediat comutării în starea „on” a tiristorului **13** prin
13 descărcarea acestuia în circuitul demarorului, atunci când dispozitivul de comutație **13** de
putere din circuitul baterie-demaror este trecut în starea „on”, are loc aplicarea unei tensiuni
de blocare chiar pe tiristorul aflat în conducție, acesta blocându-se automat.

15 Topologia și programul corespunzător de comutare împreună cu sistemul bazat pe
microcontrolerul aferent elimină un subsistem de stingere a tiristorului și permite comanda
17 sigură a acestuia, ceea ce se constituie într-o soluție nouă cu avantaje pentru sistem. Astfel,
atât aspectele topologice ale circuitelor electrice în corelație cu elementele de control imple-
19 mentate prin program pentru traductorul „inteligent” ce optimizează momentul comutării
circuitelor supercondensator-demaror, respectiv baterii-demaror, se constituie drept ele-
21 mente noi ale soluției conform invenției, cu consecințe benefice asupra pornirii motorului cu
ardere internă, a eficienței energetice de ansamblu a sistemului, precum și asupra fiabilității
23 bateriilor ce echipează orice vehicul. Încheierea procesului de pornire a motorului cu ardere
internă este realizată fie ca urmare a detecției automate a momentului respectiv pe durata
25 alimentării demarorului chiar de către traductorul inteligent, fie temporizat, valoarea de tem-
porizare fiind particularizată experimental, în cazul în care pornirea motorului cu ardere
27 internă necesită aplicarea tensiunii de pe baterii pe demaror și prelungirea procesului de por-
nire. Traductorul de turație ce convertește mișcarea motorului cu ardere internă în semnalul
29 de turație electric este utilizat drept element redundant în sistem, respectiv, în cazul în care
procesul de pornire este prelungit, în corelație cu un temporizator setabil, va oferi un semnal
31 de confirmare a pornirii - dacă turația motorului depășește turația minimă de pornire, res-
pectiv un semnal de eroare dacă aceasta este mai redusă sau chiar dacă motorul se
33 oprește. Acest semnal este transmis și subsistemului **1** de interfață om-mașină, informându-l
asupra stării finale a procesului de pornire a motorului cu ardere internă inițiat.

35 În cazul în care motorul cu ardere internă a pornit, subsistemul **4** de monitorizare a
curentului și tensiunii va temporiza un interval de timp specific setabil, perioadă în care moto-
37 rul cu ardere internă va funcționa stabil, iar mașina electrică utilizată drept demaror nu va fi
alimentată. De asemenea, aceasta sau o alta pe post de generator de energie electrică pe
39 vehicul nu va fi excitată, deci nu va genera energie electrică. Durata de pauză este relativ
redușă, de ordinul zecimilor de secundă sau secundelor, urmând ca apoi sistemul **4** de moni-
41 torizare a curentului și tensiunii să-și schimbe automat funcțiunea, respectiv să comande,
prin program, în regim de modulare în durată, alimentarea cu energie a înfășurării indepen-
43 dente a generatorului de pe vehicul și să controleze stabilizarea tensiunii debitate de către
generator, mai mare decât tensiunea maximă atinsă de baterii în procesul de încărcare a
45 acestora; în primele momente, tensiunea generatorului va fi aplicată pe supercondensator
10, care astfel se va constitui ca „sarcină tampon” a generatorului. Având în vedere capacita-
47 tea mare a acestuia, el va îndeplini în sistem rolul de filtru trece jos pentru tensiunea gene-
rată. Monitorizându-se în continuare atât curentul generat, cât și tensiunea pe superconden-
49 satorul **10**, se va determina, de către subsistemul **4** dotat cu microcontroler, memorie și inter-
fețe și care rulează programul de stabilizare a tensiunii pe supercondensator, când tensiunea

RO 125864 B1

va atinge valoarea nominală setată pentru instalația electrică a vehiculului. Atingerea acestei valori, determinată de către subsistemul de stabilizare a tensiunii debitate de către generator, va determina începerea debitării de către generator spre instalația electrică a vehiculului a energiei furnizate de către acesta având drept element tampon prin activarea semnalului de comandă a comutatorului electronic **18** (spre exemplu IGBT) care cuplează la instalația electrică a vehiculului, supercondensatorii **10**. Va fi informat, de asemenea, subsistemul **1** de interfață om-mașină asupra stării și parametrilor proprii de funcționare atinși (tensiunea și curentul debitat). Conform invenției, utilizarea aceluiși supercondensator, urmare a comutării cu ajutorul dispozitivelor de comutație **13** de putere a circuitelor electrice de pe vehicul, din regimul de sursă de putere în procesul de start al motorului cu ardere internă, în regim de element tampon pentru energia electrică furnizată de către generator, permite atât eliminarea unora dintre neajunsurile menționate mai sus, cât și îmbunătățirea eficienței energetice, precum și a calității energiei electrice furnizate pe vehicul, prin minimizarea variațiilor tensiunii furnizate indiferent de variațiile sarcinii în circuitele electrice ale vehiculului. Menționăm că, pe durata în care tensiunea furnizată de către generator nu este transmisă circuitelor electrice ale vehiculului, circuitele electrice sunt alimentate de la bateria care are înseriată, în acest sens, o diodă **16** ce permite transferul energiei electrice de la baterii în instalația electrică atâta timp cât tensiunea pe baterii este mai mare decât cea generată de către generatorul electric de pe vehicul împreună cu elementul tampon - supercondensatorul. 19

Odată stabilizat și procesul de comutație a generatorului în circuitele instalației electrice ale vehiculului, are loc inițializarea subsistemului **5** de încărcare optimă a bateriilor de acumulatori. Acest subsistem, împreună cu subsistemul **4** de monitorizare a tensiunii și curentului, utilizând metoda determinării tensiunii pe baterii în circuit deschis (OCV Open Circuit Voltage) în corelație cu metoda ce permite monitorizarea și integrarea sarcinii transferate pe baterii, asigură determinarea, cu o bună precizie, a nivelului de încărcare a bateriilor (State of Charge - „SoC”). Astfel, subsistemul **4** de monitorizare a tensiunii și curentului prin procesarea semnalelor de la transductoarele de tensiune de pe baterii și a celui de curent, furnizează informațiile culese către subsistemul **5** de încărcare optimă a bateriilor, acesta din urmă, utilizând tabelele de tip LUT (Look Up Tables) în prealabil definite, va comanda după legea de control specifică fiecărui tip de baterii, curentul de încărcare a acestora ținând totodată cont și de temperatura bateriilor de acumulatori. Este de menționat faptul că pentru determinarea EMF (tensiunii electromotoare a bateriilor - „Electro Motive Force”) prin metoda OCV, bateriile trebuie să fie deconectate din circuit un timp relativ îndelungat (1 la 6 min), perioadă în care se menține continuitatea alimentării cu energie electrică a circuitelor electrice ale vehiculului prin utilizarea generatorului de pe vehicul a cărui excitație este alimentată de pe supercondensatori. Menționăm că utilizarea acestei metode este posibilă tocmai datorită existenței supercondensatorilor **10** ca elemente tampon, căci astfel se asigură, pe durata în care bateriile **6** sunt complet deconectate în scopul determinării SoC, continuitatea alimentării cu tensiune stabilizată a instalației electrice a vehiculului. Astfel, subsistemul **5** de încărcare optimă a bateriilor, dotat cu microprocesor, memorie, interfețe, senzori de tensiune și de curent, și programe de calculator, va permite dozarea sarcinii injectate în procesul de încărcare și va asigura conform unei legi de reglare, definită tabelar în memoria sistemului de calcul (LUT), procesul de încărcare optimă a bateriilor **6**. Se înlătură astfel o parte dintre dezavantajele sistemelor clasice de încărcare a bateriilor și se identifică drept element nou, prioritar, faptul că, utilizând drept element tampon de stocare a energiei supercondensatorul **10** în corelație cu sistemul de calcul dotat cu microcontroler, memorie, interfețe și programe de funcționare, se asigură o încărcare optimă a bateriilor bazată pe dozarea sarcinii injectate în proces cu consecințe pozitive în ceea ce privește durata de viață a bateriilor și stabilitatea tensiunii furnizate în instalația electrică a vehiculului. 49

RO 125864 B1

1 În fig. 1, elementul **1** implementează subsistemul interfață om-sistem de management
energetic și este un sistem de tip panel PC dotat cu microprocesor care este conectat, prin
3 intermediul unei interfețe de tip Ethernet, la un switch **2**. Acesta, la rândul său se conectează
cu subsistemul dedicat controlului procesului de pornire a motorului cu ardere internă **3** care
5 dispune de un sistem de procesare numerică bazat pe microcontrolerul de tip ATmega28.
Același switch **2** se conectează și cu sistemul dedicat procesului de monitorizare a curentului
7 și a tensiunii **4** în circuitul demarorului în faza de pornire a motorului cu ardere internă, res-
pectiv de stabilizare a tensiunii generate pe vehicul pe durata cât motorul cu ardere internă
9 funcționează. Acest sistem **4** este implementat pe baza unui microcontroler AVR32UC3 care
dispune de memorie, interfețe de comunicație și convertoare analog-digitale, care permite
11 achiziția cu o frecvență de eșantionare de 1 K eșantion/s a fiecăreia dintre mărimile monitori-
zate. Tot switch-ul **2** este conectat și cu sistemul dedicat încărcării optimele a bateriilor de
13 acumulatori **5** implementat cu ajutorul unui microcontroler ATmega28. Informațiile între sis-
teme sunt transmise utilizând protocolul TCP/IP, fiecare dintre elementele aflate în conexiune
15 având alocată automat câte o adresă dinamic definită. În fig. 8 dăm organigrama derulării
procesului de start al locomotivei. Mesajele vehiculate între subsistemele sistemului de
17 management energetic sunt de tipul telegrame formate din unul sau mai multe caractere care
reprezintă comenzi sau informații referitoare la starea subsistemelor și a parametrilor ce
19 caracterizează sistemul de monitorizare. Spre exemplu, sunt identificate situații cum ar fi:
stările de eroare ce pot apărea în procesul de pornire sau de funcționare a locomotivei (înde-
21 plinirea condițiilor de pornire pentru motorul cu ardere internă, ne-apariția exploziilor carbu-
rantului în cilindrii motorului cu ardere internă). Sunt măsurate mărimi precum: tensiunea pe
23 bateriile locomotivei sau pe supercondensatorii **10** cu care este dotat subsistemul **3** de
pornire, curenții pe diferitele circuite ale sistemului de management energetic, și se deter-
25 mină starea de încărcare a bateriilor (SoC).

În fig. 2, elementul **6** reprezintă bateriile de acumulatori ale locomotivei, care au ten-
27 siunea nominală de 96 V, iar capacitatea pe prototip de 150 Ah, respectiv mai puțin decât
jumătate din capacitatea inițială a bateriilor aflate pe locomotivă (360A11). Elementul **7** este
29 o rezistență de limitare a curentului de încărcare a supercapacitorilor **10** de 0,7 Ω , elementul
8 este format dintr-un tranzistor MOSFET de putere, în serie cu dioda **9** de sens, tranzistorul
31 MOSFET fiind comandat de către sistemul **3**, prin semnalul de comandă **3.1** care este izolat
galvanic în raport cu sistemul de comandă **3** prin intermediul unui optocuplor și care dispune
33 de un circuit de protecție la comutarea pe scurtcircuit. Semnalul **3.1** digital este activat
urmare recepționării de către sistemul **3** a telegramei de start a încărcării supercondensatoa-
35 relor **10** de la sistemul **1**. Această telegramă se generează de către sistemul **1** urmare apă-
sării de către mecanicul de locomotivă a butonului de comandă a încărcării supercondensa-
37 torilor **10** în vederea pregătirii pornirii motorului diesel al locomotivei LDH1250CP. Elementul
10, dispozitivul de stocare cu încărcare și descărcare rapidă, este implementat cu ajutorul
39 a trei supercondensatori cu electrolit apos, de tip "stacked", fiecare având 12 F la 110 V
conectați în paralel, care împreună formează o capacitate echivalentă de 36 F/110 V, putând
41 acumula maximum 217 kJ. Rezistența echivalentă serie nominală a acestora este de 0,02 Ω .
Cu ajutorul unui senzor Hall de tensiune este monitorizată de către subsistemul de monito-
43 rizare **4** variația tensiunii, iar atunci când aceasta atinge valoarea de 98% din tensiunea de
pe baterii **6**, sistemul **4** va transmite o telegramă de comandă a comutării în starea "off" a
45 tranzistorului **8** și totodată va informa sistemul **1** asupra faptului că subsistemul **3** de pornire
este pregătit să pornească motorul cu ardere internă al locomotivei. Același sistem va iniția
47 și măsurarea tensiunii de pe baterii prin intermediul senzorului de tensiune **12** pentru

RO 125864 B1

a stabili valoarea nivelului de încărcare al bateriilor (SoC), sau va folosi ultima valoare determinată a acestuia în cazul în care această valoare există. La inițiativa mecanicului de locomotivă, acesta va apăsa butonul de comandă a pornirii motorului cu ardere internă, iar subsistemul **1** după verificarea celorlalte condiții necesare pentru pornire va transmite o telegramă de comandă a pornirii motorului cu ardere internă către subsistemul **3**. La recepția telegramei, acesta va activa comanda **3.2** și va determina aprinderea tiristorului **13** care va închide circuitul de descărcare a supercapacitorilor **10** pe motorul utilizat drept demaror pe locomotivă **14**, cu înfășurarea sa serie **15**. În scopul evitării supratensiunilor de comutație s-a prevăzut dioda rapidă **16**. Odată cu comanda de aprindere a tiristorului, sistemul **3** transmite comanda de începere a monitorizării de către sistemul **4** a tensiunii pe supercondensatori cu ajutorul senzorului **11**, semnalul de tensiune U_D (tensiunea de pe demaror, aceeași cu curba **B** din fig. 3). În același timp, monitorizarea curentului se va face cu ajutorul unui senzor Hall de curent **17**, I_{DG} în circuitul demarorului (curentul de pe demaror, același cu curba **D** din fig. 4). Sistemul **4** pe de-o parte va determina variația tensiunii pe demaror (U_D) și pe de altă parte va detecta oscilațiile curentului I_{DG} apărute în circuitul demarorului, numărând minimele relative (minimele corespund exploziilor amestecului carburant care apar în motorul diesel al locomotivei); în cazul locomotivei, experimental s-a observat că numărul minimelor relative trebuie să fie de zece, acest număr fiind dependent de numărul de cilindri ai motorului (în cazul nostru, 6). Tendința de creștere a tensiunii U_D reflectă scăderea vitezei de rotație a motorului diesel, deci epuizarea energiei pe supercondensatori. S-a determinat experimental prin variația duratei de temporizare corespunzătoare alimentării demarorului de pe supercondensatori, corelată cu tensiunea U_D măsurată, pragul optim din punctul de vedere al eficienței energetice a procesului. S-au considerat, în acest scop, două mărimi care reflectă scopul urmărit: maximizarea factorului de utilizare a energiei stocate pe supercondensatori în procesul de antrenare a demarorului locomotivei, și creșterea raportului curent maxim debitat de către supercondensatori, raportat la curentul maxim preluat la comutarea bateriilor în circuitul demarorului de pe acestea, acest al doilea aspect crescând implicit durata de viață a bateriilor prin evitarea sau micșorarea semnificativă a vârfurilor de curent specifice procesului de pornire. Valoarea la care s-a ajuns a fost de 5,8, în scopul asigurării siguranței controlului procesului de start s-a avut în vedere și introducerea unui element redundant în comandă, respectiv temporizarea de tip „time-out” implementată pe sistemul **3**, algoritmul corespunzător fiind detaliat în fig. 7. Astfel, sistemul **3**, fie ca urmare a recepționării semnalului de comandă din partea sistemului **4** specializat în monitorizarea tensiunii U_D și a minimele relative ale curentului pe demaror, la detectarea de către acesta **4** a pragului presetat, fie ca urmare a depășirii duratei de temporizare verificată de către sistemul **3**, va genera semnalul de comandă **3.3** de deschidere a IGBT-ului **18**. Menționăm că și semnalul **3.3** este un semnal izolat galvanic în raport cu sistemul **3**, iar sistemul de comandă al IGBT-ului prezintă circuite de protecție la desaturarea acestuia și circuite de inhibare a comenzii la încercarea de comutare pe scurtcircuit a IGBT-ului. La comutarea în starea "on" a IGBT-ului **18**, tensiunea aplicată tiristorului **13** devine de semn opus celei de menținere a conducției pe acesta și, ca urmare a acestui fapt, tiristorul **13** se va bloca, întrerupând descărcarea supercondensatorilor **10** pe demaror. Așa cum se specifică în fig. 7, algoritmul de control al pornirii motorului diesel va permite generarea semnalului **3.3** fie ca urmare a recepționării telegramei de atingere a numărului de explozii prealabil setat la 10, fie ca urmare a temporizării setate în prealabil și care, în cazul nostru, este de 2,2 s, ambele valori fiind determinate experimental pentru locomotiva LDH1250CP. Același sistem **3**, după comanda **3.3** va temporiza o durată de alte 2,5 s în vederea menținerii alimentării demarorului de la baterii, durată, de

RO 125864 B1

1 asemenea, experimental determinată. Această temporizare este necesară pentru atingerea
2 condițiilor de funcționare stabilă a motorului diesel având drept regulator de turație, regula-
3 torul de turație centrifugal cu contrapresiune de ulei al locomotivei LDH1250CP (durata
4 temporizării a ținut cont de atingerea pe tot domeniul de temperaturi a presiunii de ulei care
5 asigură alimentarea stabilă cu combustibil a motorului diesel al locomotivei). Pe de altă parte,
6 impulsurile de tensiune generate de către tahogeneratorul **20** cuplat rigid la arborele moto-
7 rului diesel al locomotivei vor fi formatate și numărate pe o durată de timp setată în prealabil
8 la 300 ms, perioadă în care trebuie să fie detectate un număr de 7 impulsuri de către unul
9 dintre numărătoarele microcontrolerului Atmega128 cu care este dotat sistemul **3**. Utilizarea
10 tahogeneratorului permite, pe lângă redundanța structurală prevăzută, și generarea auto-
11 mată a unui semnal ce indică pornirea sau nu a motorului cu ardere internă al locomotivei
12 LDH1250CP. În fig. 7 am detaliat schema logică a programelor care implementează metoda
13 descrisă conform invenției și care, rulând pe subsistemele cu microprocesor, memorie, inter-
14 fețe și elemente de comandă control, convertoare analog-digitale, permite implementarea
15 sistemului de pornire a locomotivei utilizând atât supercondensatori, cât și bateriile de acu-
16 mulatori, cu avantajele mai sus menționate. În fig. 3 se prezintă variația tensiunii în procesul
17 de demaraj pe locomotiva LDH1250CP în situația inițială - curba de variație **A** - precum și
18 pe prototipul dezvoltat - curba **B**. Ca urmare a aplicării strategiei de control mai sus specifi-
19 cate, implementată prin algoritmul din fig. 7, au rezultat următoarele: reducerea vârfului de
20 curent preluat de la baterii în procesul de pornire a motorului cu ardere internă de 5,8 ori în
21 raport cu situația inițială, reducerea doar cu 10% a variației tensiunii pe baterii, ca urmare a
22 procesului de demaraj, comparativ cu peste 45% în cazul inițial, cu consecințe legate de
23 creșterea fiabilității bateriilor și a disponibilității sistemului de pornire. În fig. 4 se prezintă
24 variația curentului în circuitul de pornire a demarorului pe durata procesului de pornire, la fel
25 în cazul inițial - locomotiva LDH1250CP originală, curba **C**, respectiv, în cazul prototipului,
26 curba **D**. Se observă că acest curent este în al doilea caz aproape pe toată durata procesului
27 de start mai mare în cazul prototipului decât în situația inițială cu un vârf de aproximativ
28 1900 A. Măsurătorile s-au efectuat pe aceeași locomotivă, vezi fig. 3 și 4 fără utilizarea
29 sistemului de management energetic - curbele **A**, **C** - și cu sistemul de management
30 energetic îmbunătățit - curbele **B**, **D** - la temperatura de 15°C și cu o temperatură a motorului
31 egală cu aceea a mediului ambiant în condiții similare de încărcare a bateriilor. Pentru
32 înregistrări s-a folosit osciloscopul cu memorie Scopemeter Fluke 196B (200MHz), frecvența
33 de eșantionare internă a fost de 2,5 G samples/s, iar aceea a semnalelor achiziționate a fost
34 de 2,5 K eșantioane/s pe fiecare canal. S-au înregistrat simultan, pe două canale separate
35 2 mărimi: tensiunea și curentul pe demaraj; pentru curent s-a utilizat un șunt de 60 mΩ și
36 2000 A curent maxim admis. Pe axele X - abscisele - figurează timpul în secunde, axele Y
37 - ordonatele - se figurează, în fig. 3, tensiunea, iar în fig. 4, curentul pe demaraj.

38 Sistemul **3** va informa printr-o telegramă cu semnificație de sfârșit a procesului de
39 pornire sistemele **1** și **4** asupra stării motorului cu ardere internă al locomotivei, inclusiv
40 asupra unor eventuale erori apărute, în cazul terminării fără erori a procesului de pornire, la
41 recepția telegramei respective din partea sistemului **3** de către sistemul **4**, acesta va iniția
42 o temporizare pe durata căreia mașina electrică **14** nu va fi excitată, după care aceasta va
43 fi trecută în regim de generator prin alimentarea în regim de modulare în durată a impulsu-
44 rilor de comandă ale înfășurării de excitație separată a mașinii electrice **21**. Alimentarea cu
45 tensiune a excitației derivației va fi făcută de la bateriile locomotivei într-o primă fază,
46 respectiv de pe supercondensatorii **10** atunci când pentru baterii se măsoară EMF. Ca
47 urmare a acestei acțiuni, mașina electrică va deveni generatorul de energie pentru toate

RO 125864 B1

elementele electrice de pe locomotivă și va debita energia direct pe supercondensatorii **10** prin intermediul diodei de sens **22**, a inductanței **23** și a comutatorului electronic de putere **24** IGBT, comandat de către semnalul de comandă **4.1** al sistemului **4**. Acesta va utiliza drept semnale de control, pentru tensiune, semnalul cules de pe supercapacitorii **10** pe post de elemente de filtrare/stocare a energiei, cu ajutorul senzorului de tensiune Hall **25** și al senzorului de curent **17**. Impulsurile modulate în durată sunt aplicate prin intermediul interfeței izolate galvanic **4.2** către IGBT-ul **26** care aplică tensiunea de pe bateriile sistemului **6** pe înfășurarea de excitație a generatorului. Pentru evitarea supratensiunilor de comutație, s-a introdus dioda **27**. Sistemul dotat cu microcontrolerul AVR32UC3 va rula programul de stabilizare a tensiunii pe supercondensatori, tensiune mai mare decât maximul atins la încărcarea bateriilor, respectiv 120 V indiferent de nivelul sarcinii instantanee echivalente în circuitele electrice ale locomotivei. Menționăm că supercondensatorii pot funcționa la tensiuni ce pot depăși cu 10% tensiunea nominală, fără a fi afectată durata de viață a acestora. Pe durata cât generatorul nu furnizează o tensiune mai mare decât tensiunea bateriilor minus 0,6 V prin intermediul diodei **28**, circuitele electrice ale locomotivei vor fi alimentate de la bateriile acesteia. Odată atins nivelul de tensiune setat prin program, o telegramă de inițializare a funcționării subsistemului **5** de încărcare a bateriilor este transmisă de la subsistemul **4**. Este totodată informat și subsistemul **1**, care va afișa pentru operatorul uman informația respectivă. Subsistemul **5** de încărcare optimală a bateriilor este un sistem dotat cu microcontroler ATmega128 având memorie, interfețe pentru semnale de comandă și control, senzori, convertoare analog-digitale, precum și un program de calculator care implementează funcționalitatea de regulator al încărcării bateriilor de acumulatori bazat pe metoda determinării periodice a stării de încărcare a bateriilor (SoC). Tensiunea stabilizată de pe supercondensatorii **10** este aplicată, prin intermediul diodei **29**, comutatorului electronic de putere **30** (IGBT), acest IGBT fiind comandat prin intermediul interfeței izolate galvanic **5.1**, dotată și cu circuit de evitare a desaturării și de protecție la comutarea pe scurtcircuit. Acest comutator este comandat în regim de modulare de impulsuri în durată, curentul injectat fiind tradus în semnal de tensiune de către senzorul de curent Hall **31**. Pentru implementarea de către subsistemul **5** a legii de reglare optimală a încărcării setului de baterii de pe locomotivă, în faza de punere la punct a sistemului, s-a ridicat caracteristica SoC a bateriilor bazată pe metoda de determinare OCV (Open Circuit Voltage $OCV = V_{bat} + I \cdot R$; $V_{bat} = EMF$ când bateria este în gol). Aceasta constă în deconectarea setului de baterii din circuit, timp în care se va monitoriza variația tensiunii de relaxare pe baterii, tensiunea pe acestea, aflate în gol, având tendința de a se stabili după o anumită perioadă (durata aceasta este determinată experimental). Valorile OCV, respectiv SoC se vor memora sub formă de Look up Table (LUT) corespunzătoare setului de baterii. În sistem, sarcina transmisă sau preluată de la baterii este dată de: $Q(t) = \int_0^t i(\tau) \cdot d\tau$ - semnul plus corespunde încărcării, iar minus des-

cărcării bateriilor. Prin R am considerat rezistența serie în circuitul de încărcare, iar I este curentul monitorizat. Durata după care tensiunea se stabilizează pe bateriile aflate în gol este dependentă de fiecare tip de baterii și este corelată cu SoC. Trecerea de la un nivel al SoC spre un altul se va face prin cunoașterea sarcinii stocate în procesul de încărcare a bateriilor, sarcină totală cunoscută de către sistem prin intermediul semnalului cules de către traductorul de curent, semnal integrat în raport cu timpul de către subsistemul digital **5**. Tabela LUT, specifică, este memorată de către subsistemul **5** și va conține: pe de-o parte valorile OCV, și, corelat cu acestea, factorul de umplere prescris IGBT-ului ce comandă injectarea curentului pe baterii. Prin monitorizarea tensiunii de supercondensatori, inclusiv

RO 125864 B1

1 a variației acesteia, precum și prin monitorizarea curentului injectat, se permite determinarea
cu precizie ridicată a integralei sarcinii transmise setului de baterii în procesul de încărcare
3 a acestora. Traductorul de temperatură **32** va oferi un semnal referitor la temperatura și
variația acesteia la nivelul bateriilor, acest semnal va fi utilizat drept semnal de corecție a
5 prescrierilor factorului de umplere a impulsurilor de curent, precum și de limitare a încărcării,
atunci când supratemperatura bateriilor poate afecta durata de viață a acestora. Circuitele
7 electrice ale locomotivei au fost figurate în fig. 2 prin elementul **33** cu o valoare variabilă în
raport cu consumatorii ce efectiv sunt alimentați la un moment dat pe locomotivă, iar prin **34**
9 s-a figurat comutatorul electronic (IGBT) care conectează supercondensatorul cu instalația
electrică a locomotivei și care este comandat de către semnalul de comandă **4.3** izolat
11 galvanic în raport cu subsistemul **4**, comandă care evită desaturarea comutatorului electronic
și care este protejată contra comutării pe scurtcircuit a IGBT-ului. Astfel, se alimentează
13 rezistența **33** care reprezintă consumatorii instalației electrice a locomotivei, atunci când
tensiunea pe supercondensatori depășește tensiunea bateriilor de acumulatori. Comutatorul
15 **35** este utilizat pentru izolarea completă a bateriilor de acumulatori în raport cu instalația
electrică a locomotivei. Semnalul de comandă **5.2** este furnizat de către sistemul **5** și este
17 izolat galvanic în raport cu acesta.

RO 125864 B1

Revendicări

	1
1. Sistem de management energetic, caracterizat prin aceea că include:	3
- un subsistem (1) de implementare interfață om-sistem de management energetic, dotat cu microprocesor, care transmite comenzi către toate subsistemele de calcul de pe vehicul care sunt interconectate informațional printr-un switch (2), implementând funcțiuni de depanare ce permit determinarea stării sistemului de management energetic și a subsistemelor aferente, precum și funcțiuni de înregistrare a mărimilor de interes, cum sunt: tensiunea pe bateriile de acumulatori și pe supercondensatori, nivelul de încărcare al bateriilor, curenții și tensiunile în circuitele principale ale sistemului de management energetic, precum și duratele de timp cât vehiculul a funcționat sau a staționat;	5
- un subsistem (3) de control proces de pornire a motorului cu ardere internă, conectat, prin intermediul switch-ului (2), la subsistemul (1) de implementare interfață om-mașină, subsistem (3) care dispune de un sistem de procesare numerică bazat pe microcontroler;	7
- un subsistem (4) de monitorizare a curentului și tensiunii în circuitul demarorului în faza de pornire a motorului cu ardere internă, respectiv de stabilizare a tensiunii generate pe vehicul pe durata în care motorul cu ardere internă funcționează, conectat prin intermediul switch-ului (2) la subsistemul (1) de implementare interfață om-mașină, care este implementat pe baza unui microcontroler care dispune de memorie, interfețe de comunicație și convertoare analog-digitale care permit achiziția cu o frecvență de eșantionare de 1 K eșantion/s a fiecăreia dintre mărimile monitorizate;	9
- un subsistem (5) de încărcare optimală a bateriilor de acumulatori, conectat prin switch (2) la subsistemul (1) de implementare interfață om-mașină, care este implementat cu ajutorul unui microcontroler.	11
2. Sistem de management energetic, conform revendicării 1, caracterizat prin aceea că subsistemul (5) de încărcare optimală include cel puțin câte un element de stocare temporară a energiei electrice cu o caracteristică de încărcare și descărcare, având constanta de timp rapidă (10), și cel puțin un element de stocare a energiei electrice cu o caracteristică de încărcare și descărcare cu constantă de timp medie (6).	13
3. Sistem de management energetic, conform revendicării 2, caracterizat prin aceea că elementele de stocare (10) temporară a energiei electrice cu o caracteristică de încărcare și descărcare având constanta de timp rapidă sunt supercondensatori de tip „stacked” de înaltă tensiune cu electrolit apos ce prezintă o densitate de putere extrem de ridicată, în concordanță cu caracteristicile demarorului, ceea ce face ca acesta să poată debita cvasi-instantaneu cuplul maxim de pornire, îmbunătățindu-se prin aceasta comportamentul dinamic al sistemului.	15
4. Sistem de management energetic, conform revendicărilor de la 1 la 3, caracterizat prin aceea că subsistemul (3) de control proces de pornire a motorului cu ardere internă conține:	17
- o rezistență de limitare a curentului de încărcare a supercapacitorilor (10) pentru limitarea vârfului de curent care apare la comutația bateriei (6) pe supercapacitor (10);	19
- un tranzistor (8) MOSFET de putere, în serie cu o diodă (9) de sens, comandat de printr-un semnal de comandă (3.1) activat ca urmare a recepționării de către sistem (3) a telegramei de start a încărcării supercondensatoarelor (10) de la sistemul (1) de implementare interfață om-sistem de management energetic;	21
- un dispozitiv de comutație (13) de putere care se va aprinde ca urmare a activării unei comenzi (3.2) de pornire primite de la subsistemul (1) de implementare interfață om-sistem și care va închide circuitul de descărcare a supercapacitorilor (10) pe motorul utilizat drept demaror;	23

RO 125864 B1

1 - un temporizator intern (18) comandat de un semnal de comandă (3.3) ca urmare
a recepționării semnalului de comandă din partea sistemului (4) de monitorizare a tensiunii
3 pe demaror și a minimelor relative ale curentului pe demaror, la detectarea de către acesta
a pragului presetat, fie ca urmare a depășirii duratei de temporizare, pentru a limita procesul
5 de încărcare independent de starea de încărcare a supercondensatorilor (10) după un timp
presetabil și dependent de baterii (6), supercondensatori (10) și elementul de limitare (7) din
7 cadrul circuitului de încărcare.

5. Sistem de management energetic, conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea
9 că** dispozitivul de comutație (13) de putere este un tiristor.

6. Sistem de management energetic, conform revendicării 4, **caracterizat prin aceea
11 că** temporizatorul intern (18) este un tranzistor IGBT.

7. Sistem de management energetic, conform revendicărilor de la 1 la 3, **caracterizat
13 prin aceea că** subsistemul (4) de monitorizare a curentului și tensiunii în circuitul demaro-
rului în faza de pornire a motorului cu ardere internă conține:

15 - un senzor Hall (11) de tensiune pentru monitorizarea variației tensiunii pe supercon-
densatori (10);

17 - un senzor de tensiune (12) pentru măsurarea tensiunii de pe baterii pentru a stabili
valoarea nivelului de încărcare al bateriilor;

19 - un senzor Hall de curent (17) pentru monitorizarea curentului pe supercondensatori
(10), pe de-o parte determinând variația tensiunii pe demaror (U_D) și, pe de altă parte,
21 detectând oscilațiile curentului (I_{DG}) apărute în circuitul demarorului, numărând minimele rela-
tive care corespund exploziilor amestecului carburant care apar în motorul diesel al locomo-
23 tivei;

25 - un alt senzor de tensiune Hall (25) care monitorizează variația tensiunii, la atingerea
valorii de 98% din tensiunea de pe baterii, și care, împreună cu senzorul de curent (17), utili-
zează drept semnale de control, pentru tensiune, semnalul cules de pe supercapacitorii (10)
27 pe post de elemente de filtrare/stocare;

29 - un traductor de temperatură (32) care oferă un semnal referitor la temperatura și
la variația acesteia la nivelul bateriilor, semnal de corecție a prescrierilor factorului de
umplere a impulsurilor de curent, precum și de limitare a încărcării, atunci când supratempe-
31 ratura bateriilor poate afecta durata de viață a acestora.

8. Sistem de management energetic, conform revendicărilor de la 1 la 7, **caracterizat
33 prin aceea că** mai conține un tahogenerator (20) cuplat rigid la arborele motorului diesel al
locomotivei, ale căror impulsuri de tensiune sunt formate și numărate pe o durată de timp
35 setată în prealabil la 300 ms, permițând astfel, pe lângă redundanța structurală prevăzută
și generarea automată a unui semnal ce indică pornirea sau nu a motorului cu ardere
37 internă.

9. Sistem de management energetic, conform revendicărilor de la 1 la 8, **caracterizat
39 prin aceea că**, pentru alimentarea cu tensiune a excitației derivației de la bateriile (6) loco-
motivei, respectiv de pe supercondensatori (10), atunci când pentru baterii se măsoară EMF,
41 mașina electrică devenind generatorul de energie pentru toate elementele electrice de pe
locomotivă, debitând energia direct pe supercondensatorii (10), mai conține o diodă de sens
43 (22), o inductanță (23) și un comutator electronic de putere (24).

10. Sistem de management energetic, conform revendicărilor de la 1 la 9, **caracte-
45 rizat prin aceea că**, pentru aplicarea tensiunii stabilizate de pe supercondensatori (10), mai
conține un comutator electronic de putere (30) (IGBT) care este comandat în regim de modu-
47 lare de impulsuri în durată, curentul injectat fiind tradus în semnal de tensiune de către un
senzor de curent Hall (31).

RO 125864 B1

11. Sistem de management energetic, conform revendicărilor de la 1 la 10, **carac-** 1
terizat prin aceea că pentru alimentarea de pe supercondensatori (**10**) a instalației electrice
a locomotivei, mai conține un comutator electronic IGBT (**34**) care este comandat de către 3
un semnalul de comandă (**4.3**) izolat galvanic în raport cu subsistemul (**4**) de monitorizare,
comandă care evită desaturarea comutatorului electronic și care este protejată contra 5
comutării pe scurtcircuit a IGBT-ului.

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10);

B60L 11/08 (2006.01);

F02D 28/00 (2006.01)

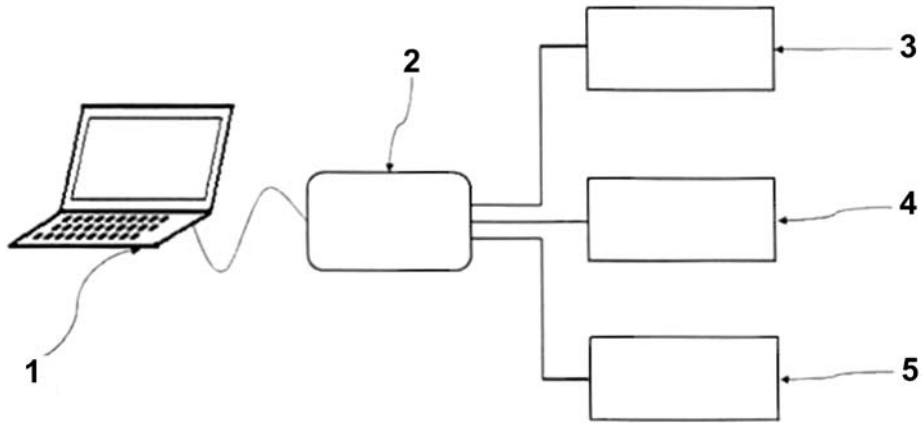


Fig. 1

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10);

B60L 11/08 (2006.01);

F02D 28/00 (2006.01)

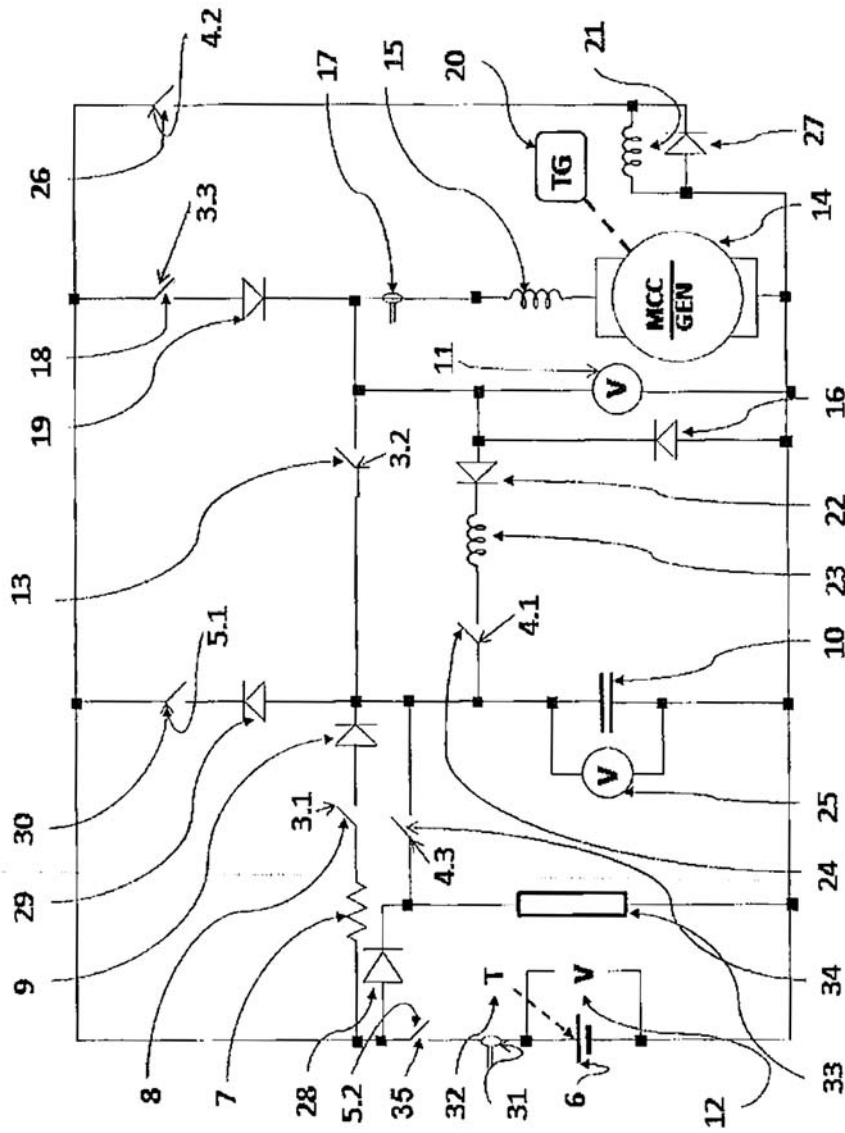


Fig. 2

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10);

B60L 11/08 (2006.01);

F02D 28/00 (2006.01)

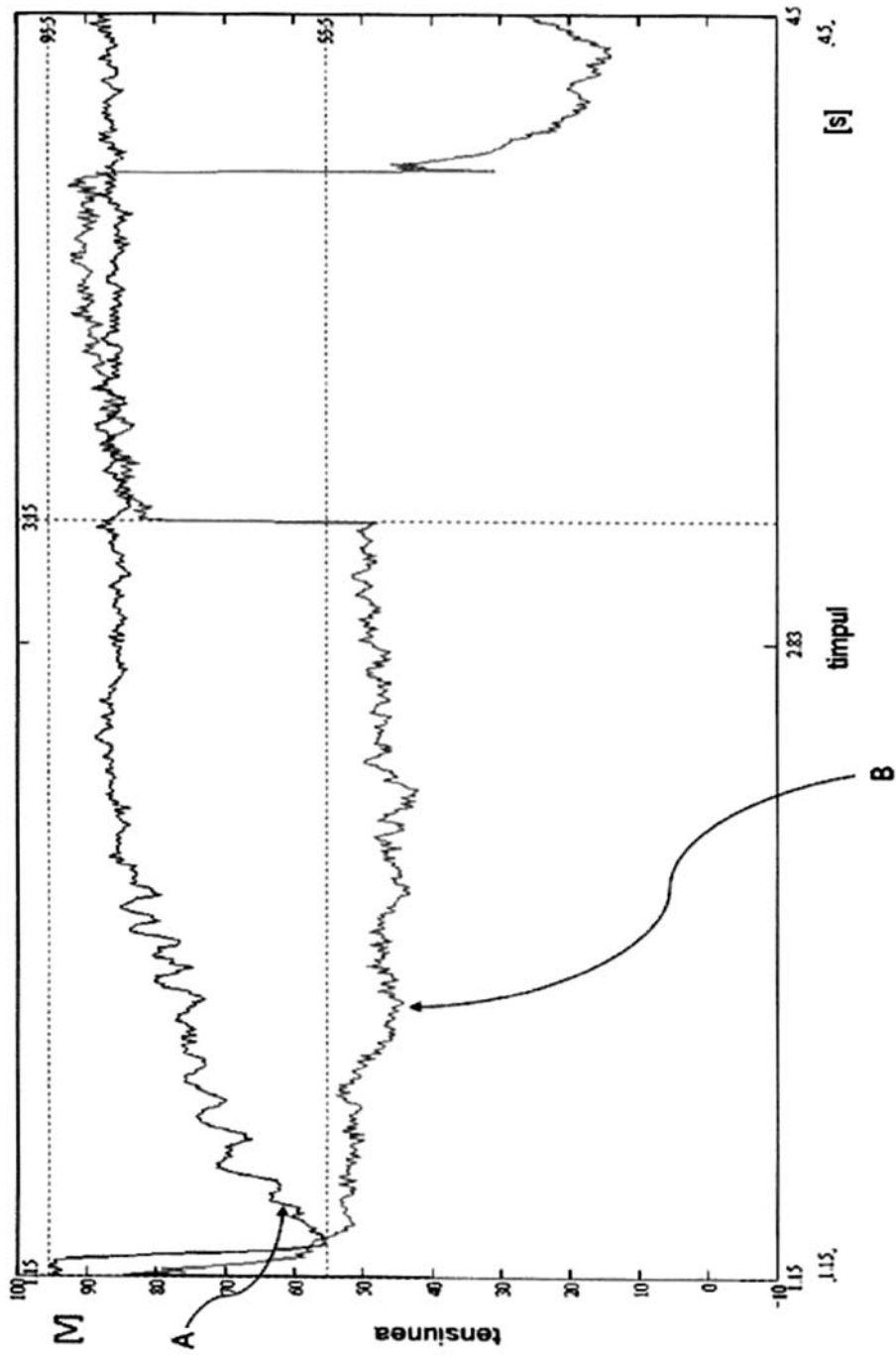


Fig. 3

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10),

B60L 11/08 (2006.01),

F02D 28/00 (2006.01)

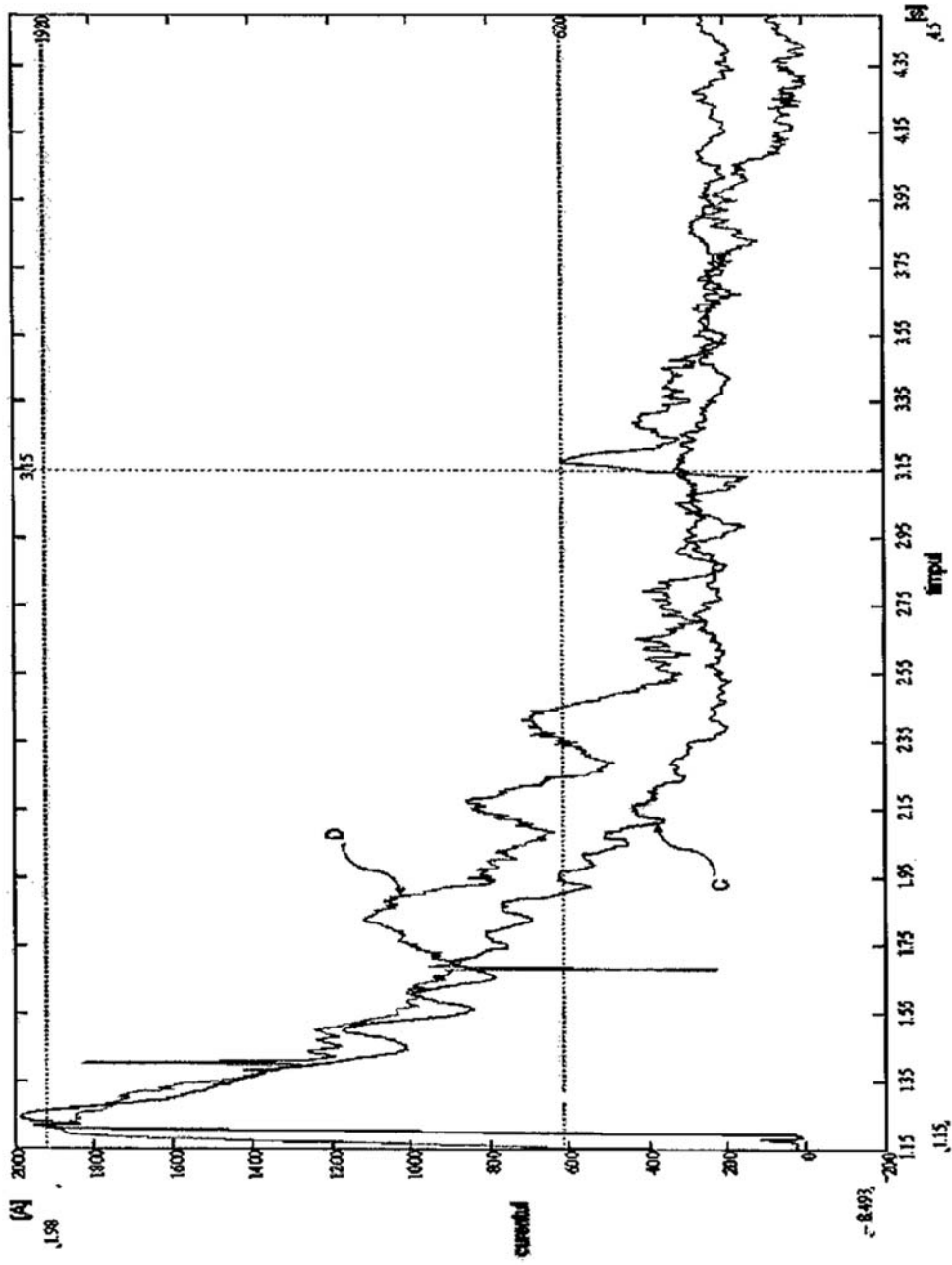


Fig. 4

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10);

B60L 11/08 (2006.01);

F02D 28/00 (2006.01)

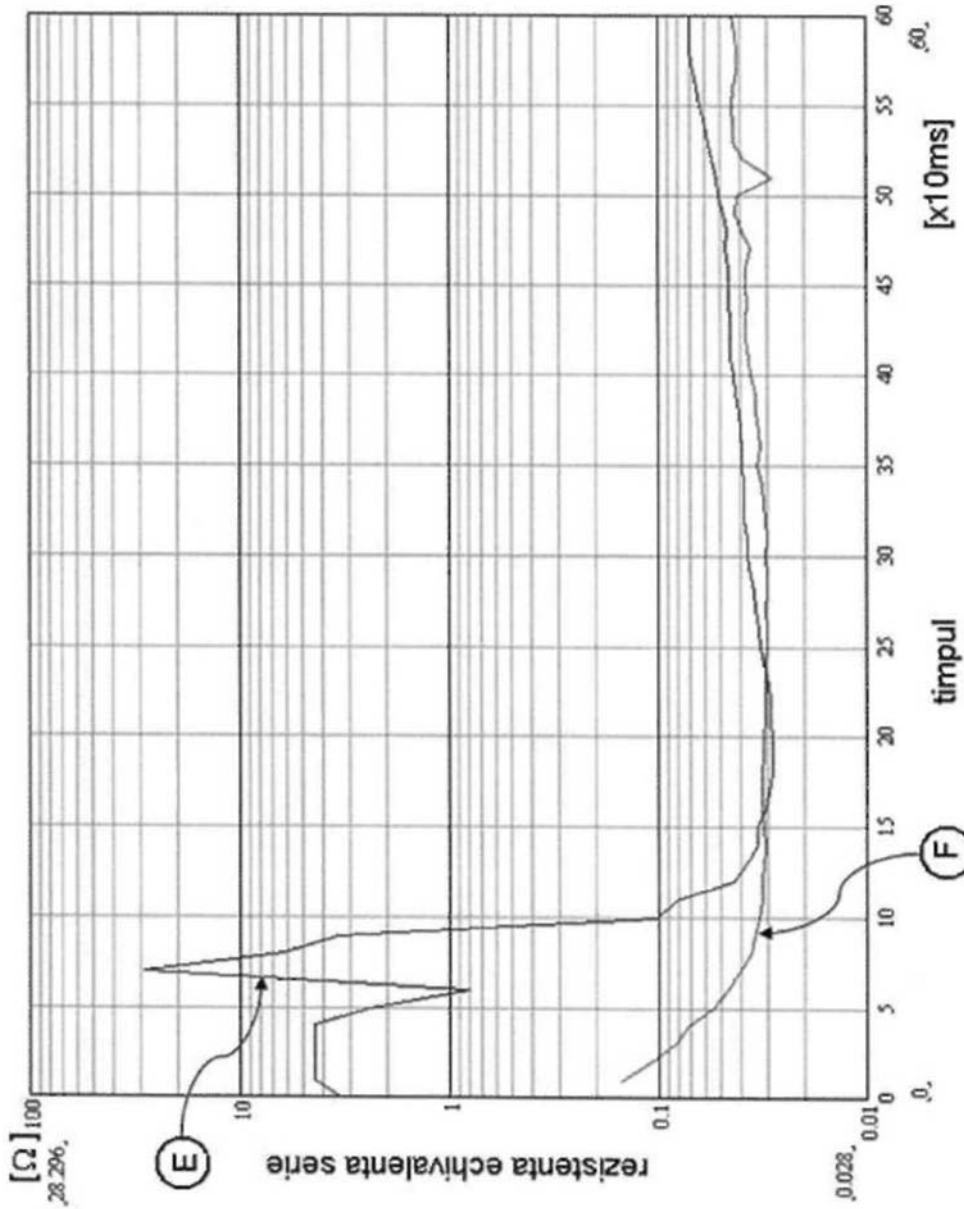


Fig. 5

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10);

B60L 11/08 (2006.01);

F02D 28/00 (2006.01)

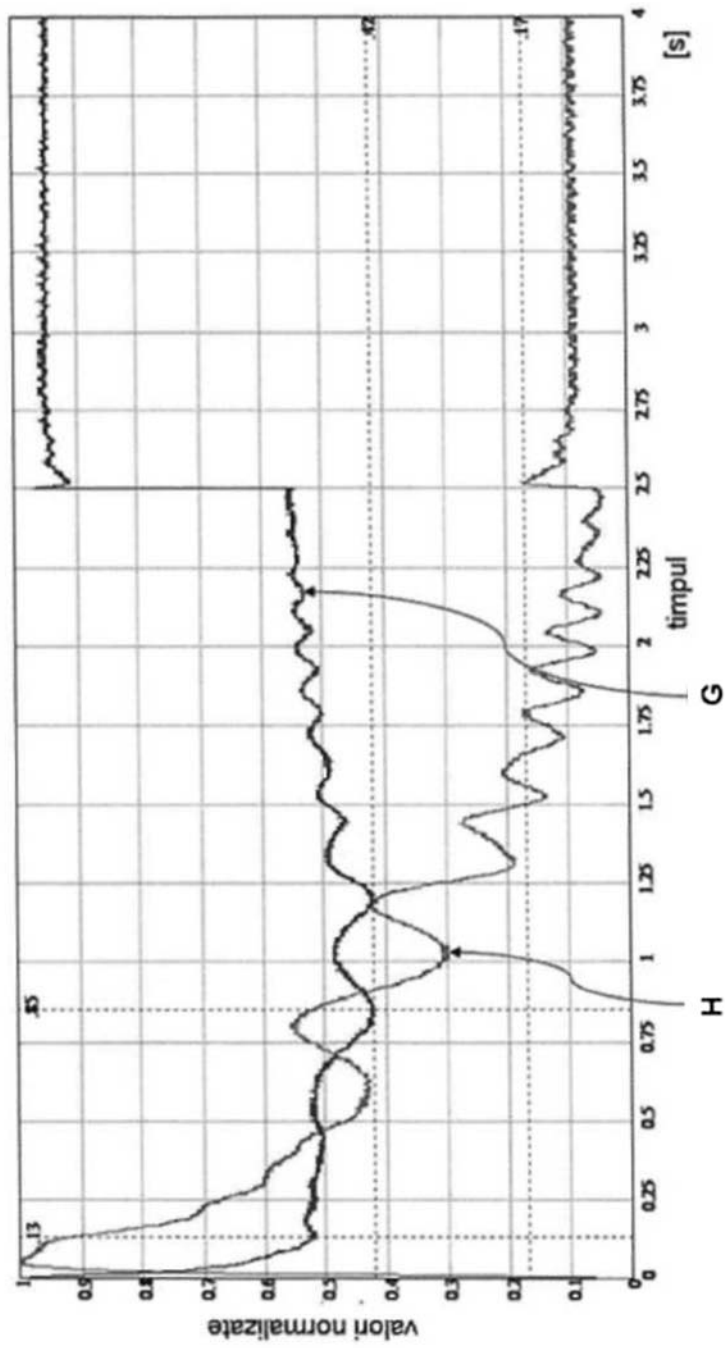


Fig. 6

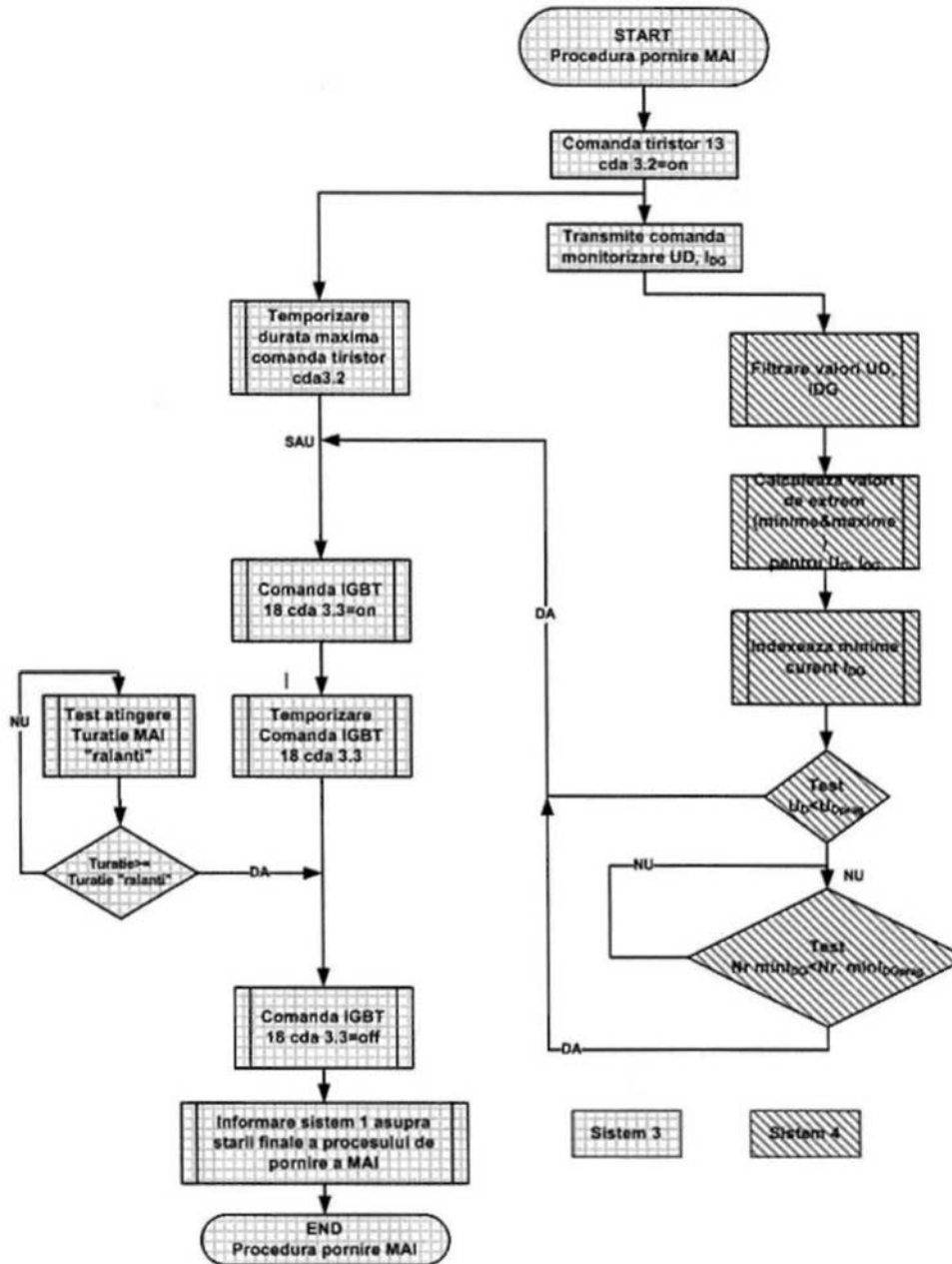


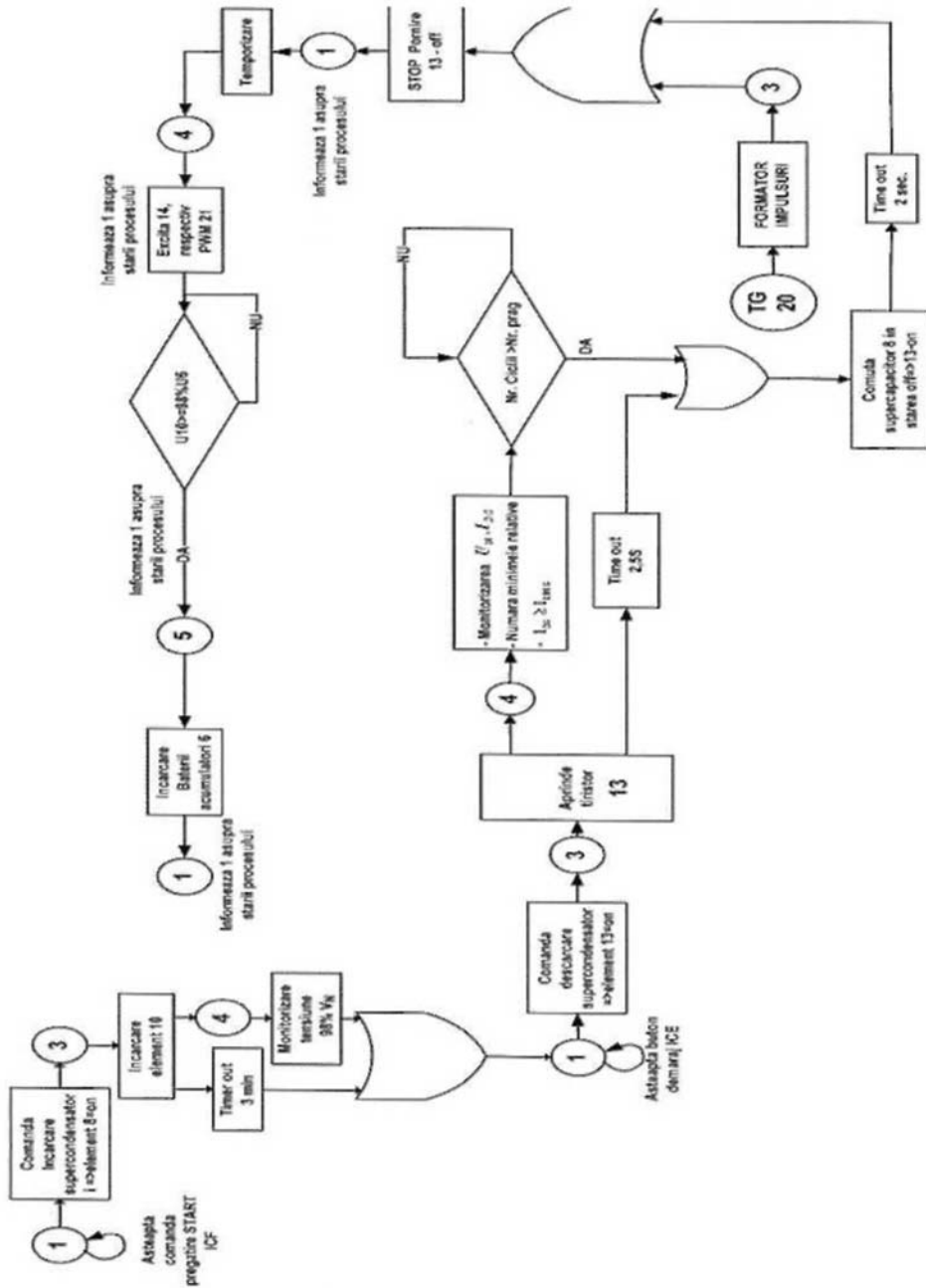
Fig. 7

(51) Int.Cl.

B60K 6/28 (2007.10),

B60L 11/08 (2006.01),

F02D 28/00 (2006.01)



*Stările de evitare din proces nu au fost figurate

Fig. 8

