



A XI-a Conferință Națională multidisciplinară – cu participare internațională,
"Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești",
SEBEȘ, 2011

STUDIU DE CAZ ASUPRA SISTEMELOR DE RECUPERARE A ENERGIEI LA FRÂNARE, UTILIZATE ÎN CAZUL AUTOVEHICULELOR HIBRIDE

Remus Mihail PETRIKO, Mihai JĂDĂNEANȚ

CASE STUDY ON SYSTEMS BRAKING ENERGY RECOVERY USED IN HYBRID VEHICLES

In this work are presented the main characteristics of regenerative brake systems used on hybrid and electric cars. The main points in these systems are studied functional characteristics in the specific case of a midsize car with the parallel-hybrid system.

Keywords: hybrid system, electric car
Cuvinte cheie: sistem hibrid, automobil electric

1. Sisteme de recuperare a energiei pierdute la frânare

Sistemele de recuperare a energiei cinetice pierdute la frânare sunt sisteme mecano-electrice care permit recuperarea energiei care se pierde în momentul în care autovehiculul începe să frâneze.

Recuperarea energiei cinetice disipate în timpul frânării este practic obținută din transformarea energiei mecanice în energie electrică realizată de către aceste sisteme și stocată de către un grup de baterii respectiv condensatori¹. Cea mai utilizată formă de recuperare a

¹ **CAPACITĂTOR**, *capacitoare*, s. n. v. **COMPONENT (4)**. (Electron.; în sintagmele) *Componente active* = denumire generică pentru diode, tranzistoare, circuite integrate. *Componente pasive* = denumire generică pentru rezistoare, capacitoare etc. – [DEX '98].

energiei este reprezentată de motoarele electrice care sunt folosite pe post de generatoare electrice împreună cu sistemele de baterii.

Aceste sisteme au fost dezvoltate și scoase la rampă pe lângă motivul protejării mediului înconjurător, al resurselor de combustibili fosili în scădere și datorită faptului că în principal din conținutul de energie al combustibilului ars în motor, în cazul unui parcurs urban aproximativ numai 13 % ajunge la roți, iar prin frânare se irosește aproape jumătate (6 %) din acest infim procent.

2. Tipuri de configurație a autovehiculelor hibride

Sistemele paralel-hibrid includ motorul convențional cu ardere internă și un motor electric conectate la o transmisie. Motorul electric este amplasat în paralel cu motorul convențional, cel electric preluând rolul atât de alternator cât și de demaror (transmisia este între cele două).

Sistemele serie-hibrid înseriate sunt similare constructiv cu vehiculele cu acționare numai pe baterii. În acest caz motorul cu ardere internă are rolul de generator, care la rândul lui are rolul de a încărca bateriile și de a furniza electricitate motorului electric.

Sisteme hibrid serie-paralel – sunt autovehicule hibride cu putere “distribuită” sau care au elemente care se regăsesc atât pe hibridele în paralel cât și pe hibridele în serie. Acestea au componente care transmit puterea de la motor fie mecanic fie electric.

Sistemul hibrid dual-mode include două căi de transmitere a puterii împreună cu o cutie de viteze care să permită rularea în regimuri hibrid paralele. Acest sistem este folosit în cadrul hibridelor serie-paralel. Acesta are următoarele caracteristici:

- este prevăzut cu un set secundar de planetare;
- variază procentajul de putere transmisă pe cale mecanică sau electrică în funcție de condițiile de drum sau de dorința celui care conduce.

Cazul supus atenției este sistemul hibrid-paralel. Se va lua în considerare exemplul unui autovehicul de dimensiuni medii care va fi testat în condiții de rulaș urban (ATMU), extraurban (ATMEU) și mixt (ATM).

Astfel, în urma testelor efectuate pe un autovehicul de dimensiuni medii au reieșit următoarele rezultate evidențiate în graficele de mai jos și anume: în figura 1 este ilustrată energia cinetică care se disipează în momentul frânării, fără ca autovehiculul să fie dotat cu

CAPACITÓR, *capacitoare*, s. n. (Fiz.) Condensator (2). (cf. engl. *capacitor*) **CAPACITÓR**, *capacitoare*, s. n. (Fiz.) Condensator (2). (cf. engl. *capacitor*) [et. MW – folosit în corpul DEX]

capacitatea de recuperare a energiei. Rezultatul poate fi folosit pentru stabilirea tipului și a numărului de baterii optim necesar pentru recuperarea energiei.

Pe parcursul funcționării, valorile obținute sunt evidențiate în figura 2. Pentru fiecare eveniment de frânare caracteristicile sunt: puterea, durata, precum și cantitatea de energie. Cantitatea de energie acumulată în timpul frânărilor poate să varieze destul de mult, printre factorii de variație fiind caracteristicile autovehiculului, precum și performanța sistemului de captare a energiei disipate.

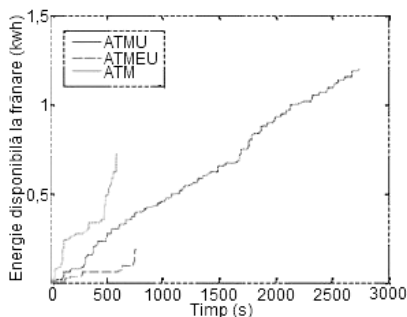


Fig.1 Energia cinetică disipată în momentul frânării

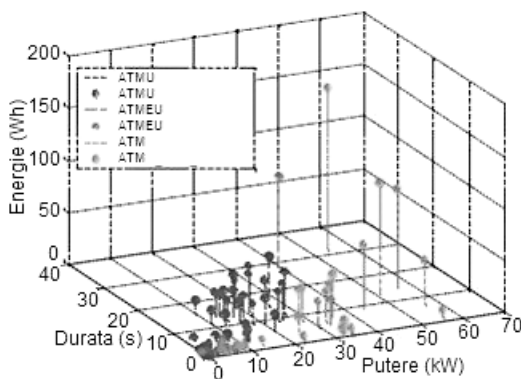


Fig. 2 Caracteristicile de putere, durată, precum și cantitatea energie obținute

Astfel unele sisteme pot ajunge să recupereze energii cu valori de putere de până la 50 kW pentru o durată de 30 s în cazul unor autovehicule mai mari, însă în majoritatea momentelor cum este și cazul de față puterea energiei captată nu depășește 35 kW, pentru o durată mai mică de 15 s.

3. Accelația și gradul de performanță necesar autovehiculului

În cadrul testelor s-a dovedit că autovehiculul are nevoie de puterea maximă disponibilă, în momentul eforturilor mari la care este supus în timpul accelerațiilor. În figura 3 este ilustrată puterea electrică medie pe care sistemul electric (bateriile) trebuie să îl conțină, pentru o accelerație constantă de la 0 la 100 de km/h, respectiv sistemul să fie folosit în parametrii normali de funcționare. Cantitatea de energie necesară pe care sistemul să o asigure pentru o accelerație maximă a autovehiculului este ilustrată în figura 4. Și pentru ca datele să fie și mai elocvente s-a făcut și o comparație cu un model de autovehicul SUV (linia albastră).

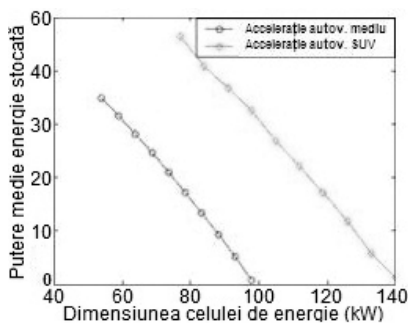


Fig. 3 Puterea electrică medie a sistemului electric

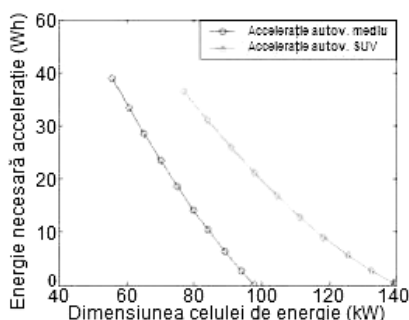


Fig. 4 Energia necesară în sistemul electric

Dacă se consideră cazul în care celula de energie electrică poate furniza numai 50 % din puterea atribuită în condiții de funcționare normale, ambientale, atunci pentru un sistem de baterii normal de 140 kW pentru un autovehicul, sistemul energetic va trebui să include un sistem de recuperare a energiei de 45 kW.

4. Cazul sistemului minimizat de înmagazinare a energiei recuperate

În cazul unui sistem de baterii minimizat la un autovehicul hibrid, acesta trebuie completat cu un sistem de generare a energiei electrice prin sistemul hibrid-paralel, respectiv sistemul de recuperare a energiei cinetice pierdute la frânare, mai puternic, astfel încât acesta să poată compensa capacitatea mai mică a sistemului de baterii.

În cazul autovehiculului de dimensiuni medii, dacă sistemul de baterii asigură o putere de 80 kW atunci nu mai este necesară o mărire

a puterii celorlalte sisteme. Însă pentru un sistem care asigură 75 kW este necesar o modificare, respectiv o creștere a performanțelor sistemelor care alimentează autovehiculul din punct de vedere electric sau sistemul de baterii să asigure o putere electrică de cel puțin 2 kWh. De altfel, dacă se consideră că există un consum minim de 40 % de energie, atunci acest lucru conduce la proiectarea unui sistem de baterii cu o putere de 5 kWh, sistem care poate pune probleme mari legate de dimensiunea și greutatea lor.

Astfel de exemplu, pentru bateriile NiMH, caracteristicile acestora permit ca 90 kg de baterii să fie suficiente pentru necesarul energetic, în timp ce 6 kg sunt necesare numai pentru creșterea puterii mașinii pentru scurt timp. În tabelul 1 sunt date specificații energetice ale componentelor sistemului de recuperare a energiei.

Tabelul 1

Criteriu	UM	PbA	NiMH	Li-Ion	Ultra-capacitori
Energie/unit. de volum	Wh/L	75	100	190	5
Energie specifică	Wh/kg	35	55	100	4
Putere maximă/unitate de volum	W/L	1600	2000	2800	4500
Putere specifică	W/kg	550	1000	1300	3500

Sistemele de recuperare a energiei pierdute la frânare sunt folosite împreună cu sistemele de frânare convenționale deoarece efectul de recuperare a energiei pierdute la frânare scade la viteze mici, astfel încât frânarea folosind sistemul de recuperare a energiei pierdute nu mai reprezintă o variantă de oprire sigură a autovehiculului în mers. Astfel încât, în paralel este folosit sistemul de frânare clasică, utilizat în același timp și pentru blocarea fizică a motorului electric, respectiv a generatorului de curent electric, pentru ca mașina să nu se deplaseze voluntar pe suprafețele de rulare aflate în pantă.

Pentru a preveni apariția unor situații dificile la frânare, îndeosebi în condiții de drum greu/difil, autovehiculele care au două roți motrice, roți pe care se află montat și sistemul de recuperare a energiei cinetice, au montate pe celelalte roți un sistem de frânare clasic.

Cantitatea de energie disipată este limitată de capacitatea sistemului de a absorbi energia pe de o parte și de starea de încărcare în care se afla capacitorii și bateria pe de altă parte. Dacă bateria sau capacitorii sunt încărcăți, iar un alt sistem nu are nevoie de energie, atunci efectul de recuperare a energiei la frânare nu este folosit, iar

pentru acest lucru este normal să fie încorporat un sistem de frânare dinamic pentru a absorbi excesul de energie.

Este necesar controlul asupra frânării regenerative, precum și corelarea frecării cu recuperarea energiei astfel încât cantitatea de energie recuperată să fie la un nivel optim.

5. Concluzii

- Sistemele de recuperare a energiei pierdute la frânare necesită o funcționare și o comunicare foarte bună și corectă între baterii, generator de curent electric, consumatori.

- Bateriile trebuie să fie rezistente la încărcări succesive în număr mare, precum și să aibă proprietăți de înmagazinare și încărcare a energiei electrice, mari (se vor prefer, dacă financiar este posibil, bateriile realizate pe Li-ion).

ACKNOWLEDGMENT

This work was partially supported by the strategic grant POSDRU 107/1.5/S/77265, inside POSDRU Romania 2007-2013 co-financed by the European Social Fund – Investing in People.

BIBLIOGRAFIE

[1] Matthew, Z., Keith, B., *Energy Storage System Requirements for Hybrid Fuel Cell Vehicles*, National Renewable Energy Laboratory, 1617 Cole Blvd., Golden, Colorado 80401.

[2] Markel, T., Nelson, D., *Optimizing Energy Management Strategy and Degree of Hybridization for a Hydrogen Fuel Cell SUV*, Proceedings of 18th Electric Vehicle Symposium, Berlin, Germany. October 2001.

[3] Yamaguchi, J., *Leading the Way: Fuel Cell Vehicles from Toyota and Honda are Hitting the Streets for Customer Use in Both Japan and U.S.*, Automotive Engineering International. March 2003.

[4] Bejan, M., *În lumea unităților de măsură*. Ediția a doua revăzută și adăugită. Editura Academiei Române și Editura AGIR, București, 2005.

Drd.Ing. Remus Mihail PETRIKO,

e-mail: petriko_remus@yahoo.com

Prof.Dr.Ing. Mihai JĂDĂNEANȚ,

Facultatea de Mecanică, Universitatea "Politehnica" din Timișoara,

membru AGIR

e-mail: mihai_jadaneant@yahoo.com; mihai.jadaneant@mec.upt.ro