

# SISTEMELE HIBRIDE DE PROPULSIE A AUTOVEHICULELOR URBANE - SOLUȚII PENTRU REDUCEREA AGRESIUNII ASUPRA MEDIULUI ȘI DIMINUAREA CONSUMULUI DE COMBUSTIBIL

Cerc. șt. pr. gr. i dr. ing. Corneliu CRISTESCU  
INOE 2000-IHP, București



În anul 1972, Corneliu Cristescu a absolvit Facultatea de Inginerie Mecanică din Universitatea de Petrol și Gaze din Ploiești. De la început, a lucrat în domeniul de cercetare-proiectare. În 36 de ani, el a elaborat numeroase studii, proiecte și lucrări de cercetare în domeniul construcției de mașini, în special în aria echipamentelor cu acționare hidraulică și pneumatică. În acest timp, a publicat peste 150 de articole, o carte tehnică și a obținut 7 brevete și 12 certificate de inovator. În anul 1998 Corneliu Cristescu a devenit doctor inginer la Universitatea POLITEHNICA din București, iar în anul 2000 a avut o specializare în *Structuri inteligente* de roboți și manipolatoare la CISM – Centrul Internațional de Științe Mecanice din orașul Udine – Italia. Acum lucrează, ca Cercetător Științific Principal gradul I, în cadrul Institutului de Cercetări pentru Hidraulică și Pneumatică din București-Romania.

**REZUMAT.** Articolul prezintă unele probleme privind necesitatea reducerii efectelor emisiilor de gaze asupra mediului urban și se arată că una dintre soluțiile cu efecte radicale asupra reducerii emisiilor de gaze, concomitent cu diminuarea consumului de combustibil, o reprezintă schimbarea profundă a sistemelor termice, clasice, de propulsie cu sisteme hibride de propulsie a autovehiculelor urbane, considerate de constructorii de autovehicule ca soluții de viitor. Se prezintă, apoi, specificul și componența sistemelor hibride de propulsie și se exemplifică prin cele mai răspândite sisteme hibride și anume: sistemele hibride termo-electrice și sistemele termo-hidraulice. În final, se prezintă o soluție românească de realizare a unui sistem hibrid paralel de propulsie a autovehiculelor din mediul urban, caracterizate de regimuri/cicluri de lucru, stop and go, soluție care poate fi implementată atât la un autovehicul nou, cât și la unul existent, în fazele de reabilitare sau modernizare a acestuia.

**Cuvinte cheie:** protecția mediului, combustibili fosili, autovehicule rutier, sisteme de recuperare a energiei de frânare, sisteme hibride de propulsie, sisteme regenerative, sisteme hidraulice de acționare, poluare mediu.

**ABSTRACT.** The paper presents some problems regarding the necessity to reduce the gaze emissions on the urban environment. It is shown that one of the best solution, in order to reduce the gaze emissions and the fuel consumption, is represented by the radical change of the classical thermal propulsion systems, with the hybrid propulsion systems, which are considered as the future solutions. Then, is presented the specific and the advantages of the hybrid propulsion systems and are highlighted the well known thermo-electrical systems and thermo-hydraulic systems. Finally, the paper presents a Romanian solution to realize one parallel hybrid propulsion system for the urban motor vehicles, which have an stop and go working cycle. The proposal solution can be implemented the both new and existing motor vehicle, for the last in the rehabilitant or modernization period.

**Keywords:** environment's protection, fossil fuels, road motor vehicles, braking energy recovery systems, hybrid propulsion systems, regenerative systems, environment pollution, hydraulic driving systems.

## 1. INTRODUCERE

În prezent, numărul de autovehicule rutiere este din ce în ce mai mare, în mod special în mediul urban, iar cantitatea emisiilor de gaze, care pune în pericol viața oamenilor și calitățile mediului, este în continuă creștere. Deocamdată, nu se poate vorbi de reducerea numărului de autovehicule rutiere.

Pe de altă parte, se știe că resursele de combustibili fosili sunt limitate și neregenerabile și că, în acest secol, ele se vor epuiza.

Pe plan mondial, preocuparea constructorilor de autovehicule pentru reducerea consumului de combustibil și reducerea emisiilor poluante s-a materializat, în ultimul deceniu, prin dezvoltarea de vehicule puțin poluante și cu consum redus de combustibil [1]. Din categoria acestora, pe lângă cele care utilizează gazul natural lichefiat, metanolul sau energia electrică, fac parte și vehiculele hibride, [2].

Constructorii de autovehicule consideră că, în acest sens, una dintre soluțiile radicale este schimbarea profundă a modului de propulsie al autovehiculelor, prin

**promovarea sistemelor hibride de propulsie**, considerate ca soluții de viitor pentru reducerea substanțială a consumului de combustibil și a emisiilor poluante. Sistemele de propulsie care au în componența lor, pe lângă un sistem convențional cu motor cu ardere internă, cel puțin încă unul capabil să furnizeze cuplu de tracțiune la roțile automobilului și care să recupereze o parte din energia cinetică în fazele de decelerare, sunt cunoscute sub denumirea de **sisteme hibride regenerative**.

Pentru redarea energiei recuperate, sistemele de acționare sunt de tipul: hidromecanice (hidrostatice sau hidrodinamice), electromecanice (curent continuu sau alternativ) și mecanice.

O concurență deosebită se dezvoltă între **sistemul hibrid termo-electric**, care pe lângă motorul termic mai are și un sistem electric, și **sistemul hibrid termo-hidraulic** care, pe lângă motorul termic de acționare mai are și un sistem hidraulic de propulsie.

INOE 2000-IHP, împreună cu partenerii săi: INCDMF București, INMA București, Universitatea „Politehnica” București și ROMFLUID București, derulează un proiect de amploare, în cadrul **Programului Cercetare de Excelență - CEEX**, care vizează realizarea de sisteme și echipamente mecatronice complexe pentru recuperarea energiei cinetice, în fazele de frânare, la autovehicule rutiere și redarea acesteia în fazele de demarare/accelerare, în scopul reducerii substanțiale a consumului de combustibil și a poluării mediului.

Soluția tehnică de realizare, pe care partenerii au ales-o, este aceea a unui **sistemul hibrid termo-hidraulic paralel**, care utilizează o mașină hidraulică capabilă să funcționeze atât în regim de pompă, în faza de frânare, cât și în regim de motor, în faza de accelerare/demarare.

## 2. PROPULSIA HIBRIDĂ A AUTOVEHICULELOR

Într-un **ciclu de lucru** al autovehiculului, format dintr-o perioadă de accelerare, una de rulare cu viteză constantă și una de decelerare (figura 1), se constată că puterea necesară, în prima fază, este mult mai mare decât cea necesară rulării cu viteză constantă. Se admite ipoteza că, **în faza de frânare**, motorul termic funcționează la turația de mers încet în gol. Prin frânarea automobilului, energia cinetică dobândită prin accelerare se transformă în energie calorică în sistemul de frânare și **se pierde ireversibil**. Se pune problema dacă, în faza de frânare, energia cinetică a automobilului nu s-ar putea recupera și stoca în acumulatori de energie. Datorită faptului că **energia poate fi extrasă**

din aceste acumulatori și utilizată din nou, se spune că avem de-a face cu sisteme **„regenerative”** de recuperare. Figura 2 evidențiază ponderea surprinzător de mare a energiei cinetice disipate pe parcursul unui ciclu urban mediu european EE 15, [3], pentru a realiza funcția de oprire sau încetinire a automobilului. În unele cazuri, această pondere ajunge **până spre 50%** din energia totală, așa cum se poate observa în figura 2, unde  $E_{mot}$  este energia necesară a fi furnizată de motor pentru propulsarea autovehiculului,  $E_{dis}$  este **energia disipată** în timpul decelerării, iar  $E_{min}$  este energia necesară pentru propulsie în cazul recuperării totale a energiei disipate. Se poate trage concluzia că se pot realiza aceleași cicluri de deplasare în regim urban cu un motor mai mic – de unde și așa-numitul fenomen de **„downsizing”**.

În prezent, preocuparea constructorilor de autovehicule pentru reducerea consumului de combustibil și reducerea emisiilor poluante s-a materializat în dezvoltarea de vehicule puțin poluante și cu consum redus de combustibil. Din categoria acestora, pe lângă cele care utilizează gazul natural lichefiat, metanolul sau energia electrică drept surse de energie, fac parte și **vehiculele hibride**.

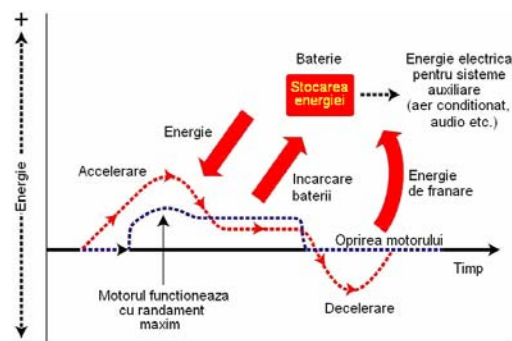


Fig. 1. Ciclul de lucru al autovehiculelor [2].

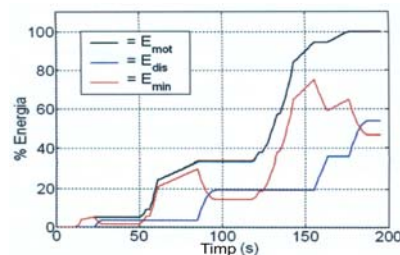


Fig. 2. Ponderea energiei disipate [3].

Sistemele de propulsie care au în componența lor, pe lângă un sistem convențional cu motor cu ardere internă, cel puțin încă unul capabil să furnizeze cuplu de tracțiune la roțile automobilului și să recupereze o parte din energia cinetică din fazele de decelerare, sunt cunoscute sub denumirea de **sisteme hibride regenerative**, [4], [5].

În comparație cu vehiculele electrice, caracterizate printr-o autonomie redusă de deplasare, **vehiculele hibride au multe avantaje**, datorită cărora a început dezvoltarea lor pe scară din ce în ce mai largă. Un autovehicul echipat cu un sistem hibrid de propulsie realizează o **economie importantă de combustibil și reduce poluarea prin recuperarea** unei părți importante **din energia de frânare**.

### 3. ARHITECTURA SISTEMELOR HIBRIDE DE PROPULSIE A AUTOVEHICULELOR

**Arhitectura unei transmisii hibride** poate fi realizată în două variante de bază, **serie și paralel**, după cum se prezintă în figura 3. La o transmisie **hibridă serie**, motorul termic **nu este conectat mecanic la roțile motoare**, puterea necesară deplasării automobilului fiind transmisă prin sisteme hidraulice sau electrice. La o transmisie **hibridă paralelă**, se păstrează **legătura mecanică între motorul termic și roțile motoare**, însă, în această transmisie, poate fi introdusă și energia provenită de la agregatul secundar de antrenare.

Principial, schemele celor două variante, serie și paralel, pot fi urmărite în figura 3. Trebuie menționat faptul că, la rândul lor, transmisiile hibride paralele se întâlnesc la automobile într-o mare diversitate de configurații. De exemplu, în cazul **sistemului hibrid termoelectric serie**, motorul cu ardere internă acționează un generator electric care, la rândul său, acționează un motor electric, iar în cazul **sistemului hibrid termo-electric paralel**, cele două motoare pot funcționa separat sau în același timp pentru a propulsa autovehiculul. Pentru un hibrid termo-electric, cele două variante pot fi urmărite în figura 3.

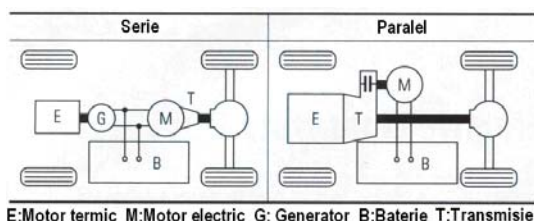


Fig. 3. Tipurile de sisteme hibride serie și paralel.

**Sistemele hibride de propulsie** au, în general, următoarea componență:

- sisteme de convertire a energiei mecanice în alt tip de energie;
- sisteme de stocare a energiei obținute prin convertirea energiei mecanice;
- sisteme de utilizare, pentru propulsie, a energiei stocate.

**Sistemele de convertire a energiei mecanice** pot fi:

- mecanice;
- mechano-inerțiale,
- mecano-electrice;
- mecano-hidraulice;
- mecano-pneumatice.

**Sistemele de stocare a energiei** se pot realiza în mai multe moduri, în funcție de componentele tehnice implicate în acest proces. Principalele tipuri de componente utilizate pentru stocarea energiei recuperate sunt clasificate în figura 4.

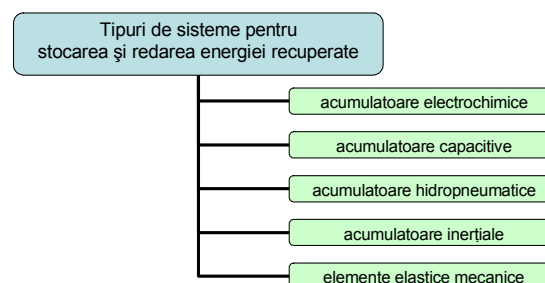


Fig. 4. Tipuri de sisteme de stocare a energiei recuperate.

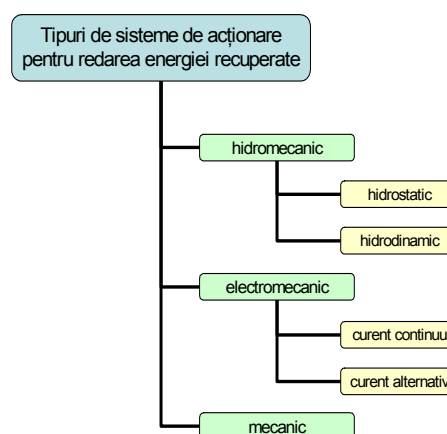


Fig. 5. Sisteme de acționare pe baza energiei stocate.

Sistemele de convertirea energiei stocate în energie mecanică, transmisă către roțile motoare la autovehiculelor, se pot realiza utilizând, de asemenea, mai multe tipuri de sisteme, de diverse naturi, prezentate, schematic, în figura 5.

### 4. VERSIUNEA ROMÂNEASCĂ A UNUI SISTEM HIBRID TERMO-HIDRAULIC

Versiunea românească propune realizarea unui sistem hibrid de propulsie termo-hidraulic paralel, cu recuperarea energiei în faza de frânare, prin convertirea energiei cinetice a autovehiculului în energie hidrostatică.

atică, stocarea acesteia în acumuloare hidropneumatice și reutilizarea acesteia pentru demararea/accelerarea autovehiculului, al cărui model conceptual este redat în figura 6.

Pentru implementarea sistemului, s-a prevăzut utilizarea unui autovehicul rutier de tipul ARO-243 cu tracțiune 4x4, care, prin construcția sa specifică, permite extrapolarea soluției cercetate și la autovehicule rutiere grele, condiția esențială fiind existența unui arbore cardanic lung la puntea din spate.

Modelul conceptual evidențiază elementele fizice esențiale ale sistemului de recuperare a energiei de frânare și anume: transmisia hidromecanică la mașina hidraulică (UH), bateria de acumuloare hidropneumatice (AC1 și AC2), tractoarele de moment și turație principale (TMR), precum și motorul termic (MD) și cutia de viteze (CV), existente pe autovehiculul experimental.

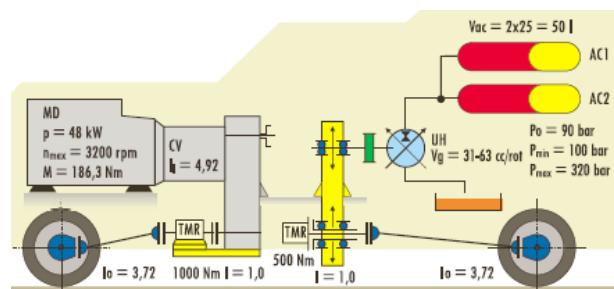


Fig. 6. Modelul conceptual al sistemului hibrid de propulsie cu recuperarea energiei.

Sistemul hibrid de propulsie termo-hidraulic a fost conceput ca un sistem mecatronic și se compune din următoarele subsisteme caracteristice: subsistemul mecano-hidraulic, subsistemul electronic de monitorizare și control și subsistemul informatic de conducere a procesului pe baza unui soft dedicat aplicației, [6] și [7].

Subsistemul mecano-hidraulic de propulsie se compune, la rândul-i, din următoarele părți:

– *transmisia hidro-mecanică*, formată dintr-o transmisie mecanică, prevăzută cu un traductor de cuplu

și turație TMR și o unitate/mașină hidraulică UH, care funcționează atât ca pompă, cât și ca motor;

– *stația hidraulică* propriu-zisă, SH, care conține rezervorul și blocurile hidraulice necesare funcționării;

– *bateria de acumuloare hidro-pneumatice*, care permit stocarea energiei hidrostatice și alimentarea motorului hidraulic în faza de demarare a autovehiculului.

## 5. CONCLUZII

Din cele prezentate, rezultă posibilitatea realizării și montării pe autovehiculele medii și grele a unui sistem hibrid termo-hidraulic de propulsie cu recuperarea energiei la frânare, în scopul eficientizării energetice și reducerii emisiilor.

Soluția tehnică propusă permite extrapolarea pentru diferite mărimi de autovehicule și poate fi montată atât pe autovehicule noi, cât și pe autovehicule vechi, în cadrul unei acțiuni de reabilitare sau de modernizare a acestora.

Componentele hidraulice și electrice necesare sunt disponibile pe piață și permit realizarea, în bune condiții, a sistemelor hibride termo-hidraulice cu recuperarea energiei cinetice în faza de frânare a autovehiculelor.

## BIBLIOGRAFIE

1. Oprean, I.M., *Automobilul modern. Cerințe, restricții, soluții*, Editura Academiei Române, București, 2003.
2. Hirose, K., ș.a., *Overview of Current and Future Hybrid Technology*, ATA vol. 55, no. 11/12, pp. 365-373, 2002.
3. Chappini, E., *Recupero di energia cinetica sui veicoli*, ATA Ingegneria dell'autoveicolo, pp. 49-54, maggio-giugno 2005.
4. Broge, J.L., *Permo-Drive technology generates energy*, SAE Off-Highway Engineering, aprilie 2003.
5. Buchholz, K., *Smarter military vehicles*, SAE Off-Highway Engineering, februarie 2006.
6. Marin, V., Marin, Al., *Sisteme hidraulice automate, Construcție, reglare, exploatare*, Editura Tehnică, București, 1987.
7. Oprean, A., Ispas C., Ciobanu E., Dorin Al., Medor S., Olaru A., Prodan D., *Acționări și automatizări hidraulice. Modelare, simulare, încercare*, Editura Tehnică, București, 1989.