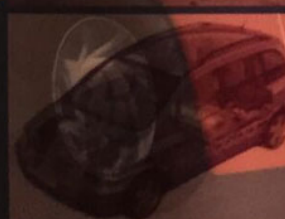
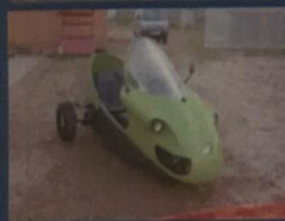


Virgil RACICOVSCHI Grigore DANCIU

Mihaela CHEFNEUX

# AUTOMOBILE ELECTRICE ȘI HIBRIDE



Editura Electra



Redactor: Elena POPA  
Tehnoredactor: Elena POPA  
Coperta: Mihaela MĂNZICU

Editura **ELECTRA**  
Splaiul Unirii, nr. 313  
0300138 București, România  
Tel. fix: +4021 589 34 82  
Tel. mobil: 0749 070 395  
Fax. : +4021589 34 77  
e-mail: [editura.electra@icpe.ro](mailto:editura.electra@icpe.ro)  
Internet: [www.icpe.ro](http://www.icpe.ro)

**Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României**

**RACICOVSCHI, VIRGIL**

**Automobile electrice și hibride /** Virgil Racicovschi,  
Grigore Danciu, Mihaela Chefneux.- Ed. a 2-a.- București:  
Electra, 2007

Bibliogr.

ISBN 978-973-7728-98-2

I.Danciu, Grigore

II.Chefneux, Mihaela

621.38.629.33

ISBN 978-973-7728-98-2

Potrivit Legii nr. 8/1996, a dreptului de autor, reproducerea (parțială sau totală) a prezentei cărți fără acordul Editurii constituie infracțiune și se pedepsește în conformitate cu aceasta.

## CUVÂNT ÎNAINTE

Ne dezbărăm greu de obiceiurile rele, ne-am învățat să fim dependenți de automobil. Se pare că orice inițiativă de a reduce dependența de acest "drog" tehnologic este sortită eșecului.

În nici un oraș din lume, programele speciale de încurajare a mobilității alternative prin sisteme precum "car sharing", bandă specială pentru automobile cu mai mult de un pasager, "o zi pe săptămână fără automobil" și multe, multe altele, au rămas experimente care nu se pot generaliza. Suntem îndărătnici, vrem automobil personal!

Dar, după cele mai multe estimări, o treime din emisiile de gaze responsabile pentru intensificarea antropică a fenomenului natural numit efect de seră și implicit pentru fenomenul încălzirii globale a planetei se datorează vehiculelor convenționale cu motor termic, iar dintre acestea, firește, în frunte se găsește automobilul.

Este din ce în ce mai dificil să ignorăm dovezile care probează încălzirea globală a Terei. Ghețarii se topesc cu viteză tot mai mare,

temperatura planetei crește încet dar sigur, nivelul oceanelor crește iar în Europa temperaturile de peste 40 °C au devenit un fenomen cotidian, stratul protector de ozon al planetei este afectat iar toate aceste fenomene stau la baza unor parabole cinematografice apocaliptice.

Iluzia că sinergia evidentă a fenomenelor este doar coincidență ne poate fi fatală. Omenirea are astăzi nevoie de dezvoltare durabilă și nu de dezvoltare cu orice preț. Ne este frică de Protocolul de la Kyoto, măsurile de protecție ale naturii sunt doar locale și nu au impact la scară planetară, în timp ce flota de vehicule cu motor termic crește cu viteză amețitoare, noi kilometri de șosea iau locul pădurilor din Brazilia și ce se va întâmpla când China și India, cu populațiile lor uriașe, vor atinge un nivel de dezvoltare care va reclama mobilitatea aferentă, poate fi cu greu imaginat.

Este totuși clar că nu mai merge așa, că automobilul cu motor termic trebuie înlocuit iar automobilul electric pare să fie "îndulcitorul" cel mai apropiat de gustul original.

Paginile următoare se doresc să fie o pledoarie pentru un mediu mai curat, fără renunțare la confort, pentru eliminarea prejudecăților privind automobilul electric.

Dacă lecturând această carte veți accepta să luați în considerație și opțiunea automobilului electric, scopul nostru a fost atins.

Deci la braț cu natura sau împotriva ei?

Prezenta lucrare este numai un semnal, pe care sperăm sa-l putem continua.

În prezenta întreprindere am fost sprijiniți de onorabilii dascăli - Prof. Dr. Ing. Mihai Octavian Popescu și Prof. Dr. Ing. Aurelian Crăciunescu, de generosul director al grupului Subansamble Auto din Pitești - Dipl. Ing. Gheorghe Badea, de veșnicul tânăr "specialist al acumulatorilor", exemplar prieten - Dipl. Ing. Aristide Caranda, de prietenul nostru Bondi Fazakas, care a revoluționat tehnologia contemporană de încărcare a bateriilor, dar ne-a încărcat și sufletele de energie, de Regia de Transport București, prin pasionatul Ing. Florin Dragomir, coordonator al proiectelor internaționale, precum și de colegii noștri Dr. Mihaela Scorțescu și Ing. Laurențiu Vătafu, cărora le mulțumim și le păstrăm un loc în inima noastră.

Autorii

## CUPRINS

### CAPITOLUL 1

<b>1.1. CÂTEVA IDEI PREGĂTITOARE.....</b>	<b>1</b>
De ce acum?.....	1
Zece argumente în favoarea automobilului electric.....	5
<b>1.2. DEZVOLTARE DURABILĂ SAU DEZVOLTARE CU ORICE PREȚ .....</b>	<b>12</b>
Dezvoltarea durabilă a transportului de suprafață.....	12
Efectul de seră.....	15
<b>1.3. POLITICA ȘI AUTOMOBILUL ELECTRIC.....</b>	<b>17</b>
La braț cu natura sau împotriva ei.....	17
Cui îi este frică de "Protocolul de la Kyoto"?.....	21
1.3.3. Ne dezbărăm greu de obiceiurile rele.....	26

### CAPITOLUL 2

<b>2.1. SCURT ISTORIC AL AUTOMOBILULUI ELECTRIC.....</b>	<b>27</b>
--	-----------

2.2. ESTE PETROLUL O FATALITATE PENTRU OMENIRE?.....	45
<b>CAPITOLUL 3</b>	
3.1. ELECTRIC SAU HIBRID?.....	49
Cum stăm cu tehnologia?.....	49
Tendințe de dezvoltare.....	55
<b>CAPITOLUL 4</b>	
4.1. AUTOMOBILUL ELECTRIC.....	65
Configurații posibile pentru vehiculele electrice.....	67
4.2. FĂRĂ PETROL. DAR CE PUNEM ÎN LOC? SURSELE DE ENERGIE ELECTRICĂ.....	71
Pilele electrice.....	71
Pila de combustie.....	78
4.3. SISTEMUL DE PROPULSIE (P).....	83
Regimuri de tracțiune.....	83
Motoare electrice de tracțiune.....	85
Sunt oare motoarele electrice mai bune decât motoarele termice?.....	85
Avantajele motoarelor electrice.....	85
Dezavantajele motoarelor electrice.....	90
Variatoare de turație electronice.....	91
De ce sunt mai performante acționările electronice decât cele electromecanice?.....	93
Cum arată un variator de turație?.....	98

Partea de forță a variatoarelor de turație.....	101
Comutatoare electronice de putere.....	101
Schema unui chopper de un cadran.....	106
Schema unui chopper de patru cadrane.....	107
Invertor de patru cadrane.....	108
Partea de comandă a variatoarelor.....	108
Logica de control.....	109
Logica de comutație.....	112
<b>CAPITOLUL 5</b>	
<b>AUTOMOBILUL ELECTRIC HIBRID</b> .....	129
Soluția HEV paralel mai simplă (mild-hybrid).....	134
Soluția HEV serie-paralel.....	135
<b>CAPITOLUL 6</b>	
6.1. PERSPECTIVE.....	139
Îmbunătățirea performanțelor MAI.....	140
Vehicule electrice alimentate de la acumulatori.....	142
Vehicule electrice hibride.....	144
Vehicule electrice cu pile de combustie (FC).....	146
Patru experimente cu pile de combustie la General Motors.....	148
Elemente tampon în alimentarea vehiculelor electrice <i>baterii sau ultracondensatoare?</i> .....	154

6.2. TOP-UL 2004 AL PRIMELOR ZECE VEHICULE ELECTRICE.....	158
<b>CAPITOLUL 7</b>	
7.1. ȘI NOI IUBIM AUTOMOBILUL ELECTRIC.....	163
Preocupări și realizări românești.....	163
Integrarea vehiculelor electrice în sistemul Car Sharing din București.....	171
Vehicul electric ușor (LEV) cu utilizări multiple.....	176
Sistem de propulsie hibridă pentru automobilul românesc ARO SPARTANA.....	178
7.2. CONSORTIUL EV ȘI ASOCIAȚIA AVER.....	180
7.3. ÎNTÂLNIRI TRADIȚIONALE LA PITEȘTI.....	181
BIBLIOGRAFIE.....	184
LISTA ABREVIERILOR.....	190
ANEXĂ.....	191

## CAPITOLUL 1

### 1.1. CÂTEVA IDEI PREGĂTITOARE

#### De ce acum?

Este din ce în ce mai dificil să ignorăm dovezile care probează încălzirea globală a planetei. Ghețarii se topesc cu viteză tot mai mare, temperatura Pământului crește încet dar sigur, nivelul oceanelor crește, Alaska "se topește", iar în Europa temperaturile de peste 40°C au devenit un fenomen cotidian, stratul protector de ozon al planetei este afectat și nu se știe dacă nu cumva iremediabil, iar toate aceste fenomene stau deja la baza unor parabole cinematografice apocaliptice.

Scepticii și petroliștii creează însă confuzie și susțin că sinergia fenomenelor este doar o coincidență, că ne confruntăm cu modificări ciclice ale climei, că natura are forța și resursele pentru a-și menține echilibrul.

Din păcate, datorită afectării dramatice a echilibrului planetei, au început să moară oameni, puțini deocamdată, dar foarte mulți alții au existența puternic afectată. A devenit bine cunoscută Elisabeth Kubler-Ross, care a identificat cinci stadii pe drumul către moarte, dar care se potrivesc foarte bine cu situația în care se găsește locuitorul contemporan al planetei: negarea, iritarea, așteptarea, depresia și, în sfârșit, acceptarea realității. Planeta și noi, locuitorii ei, suntem în criză, iar aceasta nu poate fi depășită prin negarea realității sau ignorarea ei. Totul este prea evident, totul este demonstrat. Drumul de la negare la acceptare și, de aici, la acțiune trebuie scurtat.

După cele mai multe estimări, o treime din emisiile de gaze responsabile pentru efectul de seră (efectul "GHG") și, implicit, pentru fenomenul încălzirii globale a planetei se datorează vehiculelor convenționale cu motor termic (TMV), iar dintre acestea, firesc, în frunte se găsește automobilul. Înlocuirea sistemului de propulsie alimentat cu combustibili fosili prin sisteme electrice de propulsie, constituie unealta cea mai la îndemână, bazată pe o tehnologie matură, pentru declanșarea procesului de limitare a efectelor dezastruoase ale încălzirii planetei.

Mai mult de 70 % din poluarea aerului în marile orașe este datorată transportului cu vehicule convenționale, iar acționând în sensul reducerii noxelor datorate acestora am putea beneficia de cel mai spectaculos salt calitativ în domeniul protecției mediului. De multă vreme, specialiștii din întreaga lume încearcă să promoveze automobilele electrice (EV) ca un mijloc de a asigura aer curat în

orașele aglomerate. Dar toate argumentele lor nu au făcut să crească prea mult cererea de vehicule electrice (EV), iar reușita vânzării a 100 de unități pe an, de către un producător, poate fi astfel considerată un adevărat succes.

În momentul actual, acțiunea autorităților – locale și guvernamentale – creionează direcțiile de dezvoltare a transportului urban, iar automobilul electric (EV) are mari șanse să devină mijlocul de transport al viitorului – cel puțin în ceea ce privește acoperirea unor anumite segmente ale pieței.

Ceea ce iese în evidență, în acest moment, este seriozitatea celor implicați în domeniul vehiculelor electrice. Dacă, cu ani în urmă, cercetătorul entuziast ce aborda această temă era considerat un visător cu ochii deschiși, pasionat, dar niciodată luat prea în serios, astăzi, numărul celor interesați nu numai că este mult mai mare, dar fondurile puse la dispoziție converg către atingerea obiectivului final: fabricația de serie a unor automobile electrice (EV), care să ofere profit producătorilor.

Automobilul electric (EV) este, în mod evident, cea mai bună soluție pentru un transport nepoluant, dar există o serie de probleme care îl împiedică, în acest moment, să fie un contracandidat puternic al automobilului cu motor termic (TMV). În acest sens, trebuie menționate câteva aspecte pe care le vom detalia în capitolele următoare:

- autonomia, viteza maximă și accelerațiile inferioare vehiculelor clasice, datorate sursei specifice de energie pentru sistemul de propulsie

- inexistența unei infrastructuri necesară pentru alimentarea și întreținerea vehiculelor electrice
- prețul de cost mai ridicat datorat seriilor mici de fabricație
- neîncrederea potențialilor fabricanți în existența unei piețe sigure
- mentalitatea și părerile preconceptuate ale potențialilor utilizatori, la nivel individual.

De fapt, aceste dezavantaje sunt relative pentru că în mediul urban viteza maximă de circulație este 50 km/h, ceea ce face ca vitezele mari, realizate de vehiculele clasice (TMV) performante, să nu fie de fapt necesare; chiar mai mult decât atât, viteza legală maximă mai mică din orașe este un avantaj în favoarea vehiculului electric (EV), deoarece impunerea rulării la viteze mici, în condiții de trafic supraaglomerat, a unui automobil cu motor termic (TMV) conduce la consumuri suplimentare de combustibil și la supraîncalzirea motorului, cu consecințe în creșterea exponențială a poluării mediului în zonele urbane aglomerate:

- în condițiile aglomerărilor urbane, nici accelerația superioară realizată de automobilul clasic (TMV) nu mai constituie un avantaj, acest parametru nefiind până la urmă util la nimic
- densitatea mărită a stațiilor de alimentare din zonele urbane elimină investițiile inițiale mari în infrastructură
- vehiculul individual electric de uz urban este destinat deplasărilor zilnice pe distanțe relativ scurte (max.100 km), cu perioade de staționare mari, ceea ce se încadrează în

autonomia pe care o pot asigura acumulatorii electrice actuale și, respectiv, în timpul necesar pentru reîncărcarea acestora (s-a constatat că distanța medie parcursă/zi pentru 80 % din deplasări este mai mică de 10 km, iar pentru 50 % este mai mică de 30 km).

Dacă la toate acestea mai adăugăm și faptul că automobilul electric (EV) are costuri de exploatare și de întreținere sensibil mai mici decât automobilul clasic cu motor termic (TMV), ajungem la concluzia că de fapt "nu stăm" chiar atât de rău cu automobilul electric.

De ce am conduce un automobil electric?

- ♣ pentru că este nepoluant
- ♣ pentru că este vehiculul viitorului
- ♣ pentru că este ideal pentru transportul individual în aglomerările urbane
- ♣ pentru că este prietenos în exploatare și fiabil
- ♣ pentru că are costuri de exploatare și întreținere mici.

### **Zece argumente în favoarea automobilului electric**

Considerând automobilul electric ca una dintre soluțiile viitorului pentru dezvoltarea durabilă a transportului individual în centrele urbane, nu înseamnă că el va fi adoptat de conducătorii auto fără o pregătire asiduă și o informare completă și convingătoare.

Dacă la întrebarea: *De ce vehicul electric?*, se poate răspunde formal, în spiritul european al conceptului de dezvoltare durabilă a transportului de suprafață, prin aserțiunea următoare:

*"Pentru că asta este cea mai bună soluție de protecție a mediului, în centre urbane sau alte zone protejate ecologic – rezervații, parcuri, terenuri de golf, aeroporturi, spații expoziționale, stațiuni turistice etc. – împotriva poluării generate de noxele emise de vehiculele cu combustie internă",*

aceasta nu este de ajuns pentru a convinge un potențial utilizator să-și cumpere un vehicul electric.

Un vehicul electric poate fi un succes dacă determină o schimbare socială atât la nivel comportamental, individual, cât și a autorităților. Primele direcții de acțiune, în sensul câștigării competiției cu automobilul clasic cu motor termic, se găsesc la cele două extreme ale transportului urban comun și, respectiv, individual:

→ troleibuze, metrou pentru transport de călători cu vehicule mari

→ vehicule electrice ușoare, mici, de 1 – 2 persoane.

Un vehicul electric ușor, de exemplu, are caracteristici care pot determina șoferii să abandoneze vehiculele convenționale și să le adopte pe cele electrice pentru activitatea zilnică.

Utilizatorul trebuie convins, la nivel individual, că nu este nevoie să conducă un automobil de două tone, cu peste 2000 cm<sup>3</sup>, greoi în trafic și dificil de parcat, cu costuri de exploatare mari, pentru a se deplasa singur pe distanțe mici, pentru treburile cotidiene.

Vehiculele electrice ușoare pot deveni actorii principali ai circulației din orașele secolului XXI.

Dar care sunt totuși argumentele pentru care o persoană ar cumpăra un automobil electric sau chiar un vehicul electric ușor cu design futurist?

### **I. Pentru că "ii pasă" și realizează că vehiculul electric protejază mediul și asigură o dezvoltare durabilă a transportului individual.**

Desigur, acesta este argumentul cel mai slab pentru că, să fim serioși, sunt atât de puțini cei cărora chiar "le pasă"! Comunitatea științifică și chiar o parte din autoritățile locale sau guvernamentale sunt convinse de necesitate, dar la nivel individual nu există această percepție. Marea majoritate, chiar dacă a auzit câte ceva despre vehiculul electric, îl privește ca pe o excentricitate sau jucărie, care nu are șanse reale să pătrundă în viața de zi cu zi. Cu atât mai mult, în România de azi, aceasta constituie poate una din ultimele probleme care preocupă cetățeanul unui mare oraș. Și totuși, există suficient de mulți contemporani, o categorie "trează", care sunt conștienți de realitatea prezentă. Dacă ar dispune de mijloace materiale, pot fi

potențialii cumpărători ai unui vehicul electric – cu condiția să nu coste prea mult. Un automobil electric carosat clasic ar putea atrage pe mulți, întrucât aspectul lui este similar cu al unui automobil obișnuit, iar conducerea lui este chiar mai ușoară decât a unui automobil clasic cu motor termic.

## **II. Are nevoie de un mijloc personal de transport, pentru deplasări zilnice pe distanțe scurte.**

Dacă marea majoritate a deplasărilor zilnice pe care o persoană le face cu automobilul clasic propriu – sau pe care ar dori să-l achiziționeze – sunt pe distanțe scurte, singur sau însoțit de încă o persoană, fără bagaje voluminoase, atunci soluția este oferită de vehiculul electric ușor, cu autonomie de până la 4 ore și cu o viteză maximă de 50 km/h. Se știe că viteza medie de circulație a unui vehicul într-un mare oraș european este de până la 20 km/h. Un automobil cu motor termic "de clasă" nu este utilizat la nivelul performanțelor tehnice pe care le oferă și, practic, cele mai multe dintre aceste performanțe nici măcar nu sunt necesare pentru că nu există condițiile pentru a fi puse în valoare.

## **III. Automobilul convențional pe care-l deține are costuri de exploatare și întreținere prea mari.**

Dacă prețul de cost al vehiculului electric este deocamdată relativ ridicat, datorită seriilor mici de fabricație, exploatarea și întreținerea lor este mai ieftină, în comparație cu automobilul clasic cu motor termic.

## **IV. Îl deranjează aglomerația din trafic în orașul în care locuiește și dorește să dea un exemplu.**

Aglomerația din trafic și poluarea din marile orașe ale lumii au intrat în cotidian și ne macină zilnic nervii și sănătatea. Un cetățean, care prin poziția sa socială se consideră un posibil lider de opinie, poate fi interesat să se constituie într-un exemplu. Dar chiar și fără a avea o poziție socială deosebită poți fi un exemplu și poți transmite un mesaj similar comunității în care trăiești.

## **V. Dorește să conducă un vehicul simplu și fiabil.**

Un astfel de automobil este mult mai prietenos și deci mai ușor de condus decât un automobil clasic cu motor termic și, în plus, este fiabil, având un număr mult mai mic de componente și subansamble în cadrul sistemului de propulsie. Problema legată de autonomia redusă, datorată sursei de energie, este asumată din start de către utilizator. Acesta știe, în principiu, pe ce durată poate folosi fără probleme vehiculul, dar este informat la bord "on line" asupra stării de încărcare a bateriilor. Generalizarea tehnologiei pilelor de combustie (FC), care sperăm că vor înlocui cât mai curând bateriile de acumulatori, va rezolva definitiv problema sursei de energie imbarcate și, implicit, problema autonomiei vehiculului electric. În toată lumea, sunt acum investite resurse uriașe pentru aducerea pilei de combustie "pe piață" și fiecare din marii producători de automobile speră să fie primul în această cursă care va face ca vehiculul electric să concureze de la egal la egal cu automobilul clasic cu motor termic, iar, în viitor, odată cu epuizarea combustibililor fosili, să-i ia locul.

**VI. Dorește să-și menajeze automobilul "de clasă" pe care-l posedă, dar pentru deplasările zilnice pe distanțe scurte nu acceptă privațiunile transportului în comun.**

Multe persoane care dețin un automobil de lux sunt interesate de menajarea lui. În aceste condiții, pentru deplasările zilnice pe care trebuie să le facă, dacă distanța este prea mare și nu poate fi parcursă pe jos și nici nu au vârsta sau dorința de a utiliza o bicicletă, sunt obligați să apeleze la transportul în comun. În orele de vârf, dezavantajele care decurg pentru confortul personal sunt binecunoscute și nu mai trebuie amintite. În aceste condiții, un posibil răspuns este oferit de vehiculul electric sau chiar de un vehicul electric ușor, care oferă avantajele automobilului clasic pentru această utilizare – deplasare rapidă și confortabilă.

#### **VII. Dorește să fie deosebit**

În orice colectivitate există persoane care care doresc "să fie altfel". În mod cert, un vehicul electric ușor cu design futurist, un vehicul electric "superservo" sau un automobil hibrid (HEV) superechipat, pot constitui un punct de atracție pentru cei din jur, la fel ca și un vehicul clasic de lux.

#### **VIII. Calitatea drumurilor din marile orașe.**

De multe ori calitatea drumurilor din orașe lasă de dorit, mai ales în zonele în care acestea traversează liniile de tramvai sau alte utilități urbane. Un vehicul electric ușor ieftin și fiabil poate fi o alternativă excelentă pentru transportul individual zilnic pe astfel de drumuri.

**IX. În orașul în care locuiește, ar vrea să vadă mai multe parcuri și zone libere decât spații de parcare și mașini care blochează trotuarele.**

Spațiile de parcare sunt totdeauna insuficiente în marile orașe, la orele de vârf. Un vehicul ecologic, de tipul LEV, de dimensiuni mici, ușor manevrabil, este o soluție, iar dacă vehiculele legal acceptate în centrele aglomerate, în orele de vârf, ar fi cele electrice, și noi și natura am avea de câștigat.

**X. Dorește să-și asume responsabilitatea privind impactul transportului asupra mediului.**

Mesaj patetic către cititori:

*"Doriți să fiți parte a problemei sau a soluției ? Renunțați să utilizați automobilul clasic în oraș. Automobilul cu motor termic este principala componentă a problemei poluării marilor orașe. Utilizați un vehicul electric care este nepoluant, care vă asigură întreg confortul necesar și aceleași servicii ca și un automobil clasic, pentru deplasări zilnice pe distanțe scurte".*

În concluzie:

- considerând că, odată cu evoluția vieții economice și sociale, centrele urbane se transformă în centre de dezvoltare durabilă, dezvoltarea mobilității individuale, ca factor de dinamism și creștere economică, se poate realiza fără sacrificarea mediului și a resurselor planetei

- caracteristicile tehnice specifice ale EV îl fac să fie ideal pentru deplasările scurte, zilnice din aglomerările urbane

- succesul inițiativelor de promovare a vehiculelor electrice în mediul urban depinde, în principal, de trei "actori" implicați: puterea publică-centrală și locală, producătorii și consumatorii

- intervenția autorităților, prin legislație, prin introducerea unor restricții de circulație în anumite zone, prin avantaje oferite utilizatorilor de vehicule electrice, ar putea dezvolta piața EV în următorii ani, după modelul european de dezvoltare a pieței de surse fotovoltaice (PV)

- pentru a avea succes, este imperios necesar ca în concepția unui vehicul electric să se țină cont de piață, respectiv de motivația individului de a utiliza un vehicul electric.

## 1.2. DEZVOLTARE DURABILĂ SAU DEZVOLTARE CU ORICE PREȚ

### Dezvoltarea durabilă a transportului de suprafață

Deși se credea că societatea informațională și comerțul virtual (virtual trade), vor avea un impact dramatic asupra mobilității persoanelor și a mărfurilor, s-a constatat că de fapt nu au slăbit absolut deloc nevoia oamenilor de a călători și nici nu au redus volumul mărfurilor transportate. Chiar dacă, în urma fenomenului accelerat de globalizare, prin intermediul internetului, oricine poate comunica cu

oricine, oriunde și oricând și își poate comanda mărfuri de la mare distanță, dorința de a călători, de a vedea oameni și locuri, este parcă mai acută decât oricând. Este adevărat, că în multe cazuri călătoriile de afaceri au fost înlocuite cu "teleworking".

Există două "chei" în înțelegerea fenomenului de creștere a cererii în transportul de suprafață.

În ceea ce privește transportul de pasageri, factorul determinant este creșterea spectaculoasă a utilizării automobilului. Numărul de automobile s-a triplat în ultimii treizeci de ani, cu o creștere medie de trei milioane de mașini în fiecare an. Dacă în cele 15 țări ale EU, până la data ultimei extinderi, numărul de posesori de autoturisme se stabilizase, nu aceeași situație se înregistrează în noile țări membre EU și în țările candidate, unde, automobilul este încă privit ca un simbol al libertății individuale și unde se așteaptă o creștere substanțială a numărului de posesori de automobile, până la media Uniunii Europene.

În privința transportului de marfă, creșterea se datorează fenomenului globalizării și a schimbării sistemului de producție. În ultimii douăzeci de ani, economia lumii a evoluat de la sistemul "stock" la cel "flow", adică delocalizarea industriilor și organizarea asamblării unui produs la sute sau mii de kilometri depărtare de locațiile unde se produc părțile componente sau unde produsele urmează să fie vândute, în cadrul unui perfect sistem "just in time"

Pentru anul 2010, în interiorul EU extinse, se întrevide o creștere a traficului rutier, cu vehicule grele de marfă, cu aproximativ 50% față de 1998, în condițiile în care transportul pe calea ferată a

scăzut constant (cu peste 40% în perioada 1990-1998) și va continua să scadă.

În EU, transportul pe calea ferată reprezintă azi numai 18%, în timp ce în USA 40% din bunuri sunt transportate pe calea ferată.

Un sistem complex de ecuații trebuie să dea soluția reală pentru transportul viitorului:

- creșterea economică și globalizarea generează automat nevoi crescute pentru mobilitate, cu o estimare [11] a creșterii de 38% pentru mărfuri și 24% pentru pasageri până în anul 2012;
- lărgirea EU generează o explozie în fluxurile de transport, în special, cel rutier, dar nu se poate pierde din vedere dezvoltarea economică explozivă din China și India, cu nevoile aferente de mobilitate;
- saturarea principalelor artere urbane și nevoia unor investiții de mare anvergură în infrastructură;
- necesitatea stopării fenomenului de degradare ireversibilă a mediului, manifestat, în special, prin accentuarea efectului de seră cu consecințe dintre cele mai imprevizibile pentru viitorul omenirii, pe termen mediu și lung.

În aceste condiții, legarea dezvoltării durabile a transportului de suprafață de conservarea mediului, după cum prevede de altfel și Tratatul de la Amsterdam al EU, devine obligatorie.

## Efectul de seră

În concordanță cu aprecierile Grupului Interguvernamental al EU asupra schimbărilor climatice [GP], procesul încălzirii globale s-a accentuat sensibil în ultimele decenii. În ultima jumătate a secolului trecut, planeta s-a încălzit cu 0.3 - 0.6 °C, calotele polare s-au subțiat cu aproximativ 40 % și ca urmare nivelul oceanelor a crescut între 10 și 25 cm. Temperaturile record din ultimii 25 de ani sunt alte dovezi relevante ale încălzirii globale.

Încălzirea globală se datorează intensificării antropice a unui fenomen natural esențial pentru existența formelor actuale de viață pe Pământ: *efectul de seră*. Acest efect permite păstrarea în atmosfera terestră a unei părți din căldura venită de la Soare și reflectată de suprafața Pământului, așa încât temperatura medie la suprafața Pământului să fie 15°C și nu -18°C, cât ar fi în lipsa acestui fenomen. Șase gaze sunt responsabile pentru efectul de seră și anume: CO<sub>2</sub> - bioxidul de carbon, N<sub>2</sub>O – oxid de azot, CH<sub>4</sub> - metan, HFCS - hidrofluorocarbon, PFC – perfluorocarbon, SF<sub>6</sub> - hexafluorura de sulf.

Cartea Verde a EU [12] menționa că la sfârșitul mileniului doi, sectorul transportului de suprafață va fi responsabil pentru 28% din emisiile totale de CO<sub>2</sub> din atmosferă, bioxidul de carbon fiind principalul factor responsabil de producerea efectului de seră. În concordanță cu ultimele cercetări, previziunile au fost chiar depășite și dacă nimic esențial nu va fi întreprins în viitorul imediat pentru a tempera această tendință, emisiile de CO<sub>2</sub> datorate transportului în general ar putea

crește până în anul 2010, ajungând la 1.113 miliarde tone. Bineînțeles, principalul vinovat este transportul rutier care singur este responsabil pentru 84% din bioxidul de carbon datorat mijloacelor de transport și toate acestea în condițiile în care este de notorietate randamentul aproape penibil (în jur de 17%) al motorului cu ardere internă în procesul de transformare a energiei combustibilului fosil în energie la roata automobilului clasic. Un raport al Ministerului Transporturilor din Franța arăta că eficiența unui autorism personal cu motor termic, în km/kilo combustibil echivalent, este jumătate față de metrou, de exemplu.

La nivelul anului 2004, emisiile de CO<sub>2</sub> la scară planetară, reprezentau aprox. 220 t/km<sup>2</sup>; iar capacitatea de absorbție a vegetației Terrei, prin efectul de fotosinteză, este de 2.100 t/km<sup>2</sup>, la care s-ar putea adăuga și alte fenomene naturale care pot prelua excedentul de CO<sub>2</sub>, cum se pare că se întâmplă cu apa oceanelor. Cu toate acestea, s-a constatat o creștere a concentrației de CO<sub>2</sub> din atmosferă, în ultima sută de ani, de la 50 ppm (părți pe milion) la 400 ppm, iar estimările Shell [13] prevăd o creștere, în continuare, până la 550 ppm în anul 2050.

Și ce este mai rău încă nu s-a produs. Conform aprecierilor IPonCG (Intergovernmental Panel on Climate Change) temperatura Pământului ar putea crește, în continuare, cu 1 până la 3,5 °C până în anul 2100. Nivelul oceanelor ar crește atunci cu până la 95 cm, adică harta Terrei ar trebui redesenată. Seceta și inundațiile, deși au intrat în

cotidian, s-ar putea agrava, afectând puternic omenirea, în special, prin efectul catastrofic asupra agriculturii.

Pentru a tempera această tendință, care oricum are o inerție care se măsoară în decenii, prin stabilizarea măcar, dacă nu reducerea concentrației de CO<sub>2</sub>, emisiile ar trebui reduse imediat măcar cu 50%. De exemplu, modele matematice sofisticate au arătat, că pentru a păstra până în 2050 o creștere a temperaturii planetei de "numai" 1,5°C și o creștere a nivelului oceanelor de 2 cm la fiecare 10 ani, ar trebui ca țările puternic industrializate să reducă emisiile de CO<sub>2</sub> cu cel puțin 35% până în 2010 față de 1990.

### 1.3. POLITICA ȘI AUTOMOBILUL ELECTRIC

#### La braț cu natura sau împotriva ei

De-a lungul existenței sale, civilizația umană a găsit întotdeauna resursele pentru a depăși crizele majore prin care a trecut. Traversăm, se pare, o astfel de criză, dar nimic din acțiunea politică a mai-marilor lumii nu lasă să se întrevadă acest lucru.

Oamenii de știință au tras nenumărate semnale de alarmă și perseverează în a-i convinge pe politicieni să aplice măsuri legislative adecvate și urgente. S-a reușit semnarea Protocolului de la Kyoto, dar tocmai cei mai mari poluatori nu-l acceptă și nu-l respectă. Măsurile de succes sunt doar locale și cu impact nesemnificativ la scară planetară,

în timp ce flota de vehicule cu motor termic crește cu viteză amețitoare, noi kilometri de șosea iau locul pădurilor din Brazilia și ce se va întâmpla, când China și India, cu populațiile lor uriașe, vor atinge un nivel de dezvoltare care va reclama mobilitatea aferentă, poate fi cu greu imaginat.

Este adevărat că, mașinile moderne, cu motoare termice dezvoltate sub standarde rigide, sunt tot mai performante și mai puțin poluante, dar nu îndeajuns de curate. De asemenea, ele devin tot mai poluante pe măsură ce motorul se uzează.

Cu toate acestea, deși în USA sunt în vigoare numeroase reglementări cu privire la protecția mediului, fiind țara poate cea mai avansată din lume din acest punct de vedere, inițiativa politică a administrației americane pare mai curând să se orienteze în sens opus, sub pretextul protejării economiei americane. Iată un exemplu din domeniul larg al protecției mediului, în care se înscrie și problematica automobilului electric.

În 17 iulie 2002, administrația americană, susținută de marile concerne producătoare și furnizoare de utilități, s-a opus unei hotărâri a Senatului SUA, care stipula creșterea până în anul 2020 a procentajului energiilor regenerabile la 10 % din energia electrică produsă în USA, sub motivația protejării economiei americane față de o creștere a prețului energiei. "Opoziția administrației este un nonsens în contextul actual", au arătat oamenii de știință și organizațiile neguvernamentale din domeniul energetic. Hotărârea Senatului, care stipula ca principalele companii de electricitate americane să-și

majoreze producția obligatorie pe bază de soare, vânt sau alte surse regenerabile, de la 2% până la 10% în 2020, ar fi condus la o producție de 74.000 MW, disponibilă în rețea din surse regenerabile, care ar fi putut asigura energia electrică pentru aproximativ 53 milioane de familii, inclusiv pentru încărcarea bateriilor unor automobile electrice.

Douăsprezece state americane, incluzând Texasul, au legiferat propriile standarde în domeniul energiilor regenerabile. Directorul UCS Clean Energy Program, Alain Noguee, a spus că este greu de înțeles cum, în calitate de guvernator al statului Texas, George Bush a semnat o reglementare locală prioritară pentru energii regenerabile și ca urmare cantitatea de energie eoliană produsă în Texas în anul 2001 a fost mai mare decât energia produsă din această sursă în întreaga Americă, iar în calitate de președinte a USA administrația sa, prin secretarul de stat pentru energie, respinge reglementările pentru protecția mediului prin utilizarea energiilor regenerabile.

La polul opus, sufocat de noxele automobilelor și de reacția cetățenilor obligați să cumpere oxigen pe stradă de la automate precum cele ce vând răcoritoare, guvernul japonez se implică în programe pe termen lung pentru protecția mediului și limitarea efectelor dezastruoase ale automobilelor cu motor termic. La 18.07.2002, guvernul japonez a anunțat oficial că va lucra împreună cu producătorii de autoturisme pentru a încuraja dezvoltarea tehnologiei pilelor de combustie pentru automobile electrice.

Pila de combustie, așa după cum vom arăta mai departe, este apreciată de specialiști ca fiind soluția tehnologică cea mai avansată și

la îndemână pentru sursa de energie aflată la bordul automobilului electric. Prin procese electrochimice atent controlate, pila de combustie poate produce energie electrică prin combinarea hidrogenului din rezervor cu oxigenul din aer, proces în urma căruia, în afară de energia electrică, rezultă numai căldură și apă. Desigur, apar probleme. Hidrogenul trebuie produs, distribuit și apoi stocat în siguranță pe automobil. Este nevoie de o infrastructură adecvată și prietenoasă, care să-l facă pe consumator să se apropie de această tehnologie. Dar, guvernul japonez este hotărât să încurajeze această direcție și își propune ca, în anul 2010, un număr de 50.000 de autoturisme, propulsate electric și alimentate cu pilă de combustie, să circule pe șoselele Japoniei. Ministerul Economiei, Comerțului și Industrii al Japoniei a alocat deja 21,5 mil. USD/an, pentru următorii trei ani, începând cu anul 2004.

Este interesant că la puțin timp după lansarea acestui program, numit JHFC (Japan Hydrogen & Fuel Cell Demonstration Project), General Motor Corporation a anunțat că va participa la programul demonstrativ japonez. *"Japonia poate fi o piață foarte importantă pentru autoturisme electrice - a spus Larrz Burns, vicepreședinte al G.M. pentru cercetare, dezvoltare și planning. Suntem foarte interesați de invitația guvernului japonez, iar o infrastructură care să asigure utilizarea de către automobiliști a pilelor de combustie, poate apărea curând în Japonia, pe baza proiectului JHFC"*. G.M. va implica în proiect ultima generație de autoturisme cu propulsie electrică, cu alimentare din pile de combustie și anume modelul Opel Zafira

HydroGen3. În anul 2005, această colaborare a căpătat o nouă fațetă când președinții celor doi coloși mondiali din domeniul auto, japonezul Fujio Cho și americanul Richard Wagoner, s-au întâlnit în luna mai la Aichi, unde își are sediul Toyota, pentru a discuta despre posibilitatea aprofundării cercetărilor comune pentru construcția unor vehicule mai ecologice, bazate pe tehnologia pilei de combustie. S-a discutat, de asemenea, și un subiect "trăznet" și anume posibilitatea transferării tehnologiei Toyota pentru fabricarea sistemelor de propulsie hibridă (Prius) - cea mai matură tehnologie aflată acum pe piață, către G.M.

Adițional acestui program, interesată în primul rând de tehnologia pilelor de combustie, dar și de infrastructura care să permită dezvoltarea sa pe piață, G.M. este implicată și într-un proiect european de "Parteneriat pentru Energie Curată", la Berlin. G.M. este, de asemenea, membru al "Californian Fuel Cell Partnership".

### **Cui îi este frică de "Protocolul de la Kyoto" ?**

Protocolul de la Kyoto, care reglementează împreună cu alte documente problema reducerii poluării și creșterea procentajului energiilor curate în producția mondială de energie, este un instrument foarte util la scară planetară, dar este clar că interesele economice de moment blochează generalizarea aplicării lui.

Europa pare să fie mai receptivă, căci anumite norme au început să fie aplicate și chiar se poate vorbi de apariția unui comerț cu cotele

admise de noxe. Există concerne europene din domeniul petrolului, care sunt interesate de prezervarea resurselor energetice ale Pământului și de încurajarea utilizării energiilor regenerabile nepoluante. BP-British Petroleum și Shell ("Energy Needs, Choices and Possibilities-Shell International, 2001) [13] sunt cele mai relevante exemple.

Este clar pentru toată lumea că încălzirea planetei nu mai este o noutate și nici o întâmplare. Această problema a fost capul de afiș al "Summitului Pământului", desfășurat în anul 1992 la Rio de Janeiro, sub auspiciile Națiunilor Unite. Atunci, reprezentanții aproape tuturor statelor lumii s-au angajat să ia măsuri drastice pentru a evita catastrofa. Ulterior, în 1997, s-a născut Protocolul de la Kyoto, document care stipula reducerea la scară planetară a emisiilor de gaze cu efect de seră (GHG), în medie cu 15 la sută, până în anul 2010. Un număr de 39 de state au acceptat stabilirea unor ținte de reducere a emisiilor GHG, iar "sacrificiul" urma să fie suportat, în primă fază, numai de statele dezvoltate, urmând apoi a se extinde mecanismul și pentru celelalte state. În concordanță cu Protocolul, EU s-a angajat la o stabilizare în anul 2000 a emisiilor de CO<sub>2</sub> la nivelul anului 1990 și la o reducere a acestora cu 8% până în 2012 față de 1990, adică echivalentul a 346 mil. tone de CO<sub>2</sub>. Dintre țările membre EU, Germania a primit "sarcina" unei reduceri cu 21%, UK cu 12.5%, iar Franța și Finlanda să-și stabilizeze nivelul emisiilor la cota actuală.

Semnarea Protocolului a fost însă întârziată chiar de administrația USA, deși președintele de atunci, Bill Clinton, aplaudase

inițiativa. Apoi, George W. Bush a declarat că Statele Unite nu vor ratifica documentul, în forma actuală, deoarece prejudiciază interesele oamenilor de afaceri americani.

La 10 ani după conferința de la Rio de Janeiro, "Summitul Pământului" desfășurat în septembrie 2002 la Johannesburg a fost un fiasco răsunător. Ceea ce în urmă cu un deceniu era o amenințare destul de îndepărtată, a devenit acum o primejdie aproape palpabilă. Încalzirea planetei nu numai că nu a fost stopată, dar s-a accelerat. Peste 60.000 de delegați din 180 de state s-au reunit aici în speranța de a salva planeta de la un iminent dezastru ecologic, dar fiecare după înțelegerea și interesul său.

Din păcate, conform statisticilor IEA (Agenția Internațională pentru Energie), emisiile de CO<sub>2</sub> se situează astăzi cu aproximativ 16% peste nivelul din anul 1990. În plus, aceste emisii sunt în creștere, iar în anul 2000 creșterea a fost de peste 2%. Principala slăbiciune a protocolului constă în faptul că are o acoperire limitată. O problemă de dimensiuni globale nu poate fi gestionată eficient numai prin măsuri locale. Se așteaptă ca în perioada 2002-2030, emisiile țărilor în curs de dezvoltare să se dubleze.

Oamenii de știință au avertizat din nou că omenirea se îndreaptă cu pași repezi spre catastrofă. Statisticile sunt înfricoșătoare, iar previziunile sunt sinistre. Colapsul total s-ar putea produce în numai 50 de ani. În lipsa unor măsuri urgente și ferme, omenirea va fi consumat până atunci toate rezervele energetice ale planetei, iar modificările climatice pot deveni ireversibile. Din păcate, Summitul de la

Johannesburg nu a reușit să ofere prea multe speranțe. Diminuarea stratului de ozon, creșterea volumului emisiilor de gaze cu efect de seră, încălzirea globală; în ultimul deceniu, aceste fenomene au căpătat proporții alarmante. Regiuni întinse de pe glob se confruntă deja cu schimbări climaterice dramatice, cu consecințe extrem de grave. "Inundațiile devastatoare din Europa și China nu sunt doar teribile fenomene ale naturii. Sunt și semnale de alarmă", a explicat la Johannesburg cancelarul german Gerhard Schröder. "Arde casa pe noi și noi ne facem că nu vedem", a explicat președintele Franței, Jacques Chirac, în discursul său de la "Summitul Pământului". El a adăugat: "Planeta și omenirea sunt în pericol și suntem cu toții responsabili. Este timpul să deschidem ochii." La fel de tranșant a fost și premierul britanic Tony Blair: "Protocolul de la Kyoto este corect și ar trebui să fie ratificat de către noi toți. Consecințele inacțiunii nu sunt necunoscute. Ele sunt calculabile. Sărăcia și degradarea mediului înconjurător, lăsate necontrolate, înseamnă catastrofă pentru lumea noastră. Acest fapt este clar."

Sub presiunea "europenilor", Rusia a anunțat că până la sfârșitul anului 2002, va ratifica Protocolul de la Kyoto. Și chiar dacă nu a respectat termenul, la sfârșitul anului 2004 a reușit să se țină de cuvânt iar de la începutul anului 2005 Protocolul de la Kyoto a intrat în sfârșit în vigoare.

Fără cooperarea Washingtonului însă, obiectivele Protocolului de la Kyoto nu pot fi atinse. Statele Unite sunt responsabile de circa 30 la sută din totalul emisiilor de gaze cu efect de seră (GHG), fiind astfel

cea mai poluantă națiune a planetei. Chiar dacă restul țărilor dezvoltate și-ar îndeplini angajamentele luate la Rio de Janeiro, nu ar putea compensa lipsa americanilor din sistemul global de protecție a mediului.

Întelegând că Washingtonul nu poate fi convins să accepte Protocolul de la Kyoto, în forma actuală, "europenii" au încercat să-și reformuleze punctele de vedere. Pentru "Summitul" de la Johannesburg, ei au pregătit o propunere care viza favorizarea utilizării surselor regenerabile de energie (solară și eoliană), în detrimentul celor convenționale, în special petrol și gaze. Brazilia a propus chiar ca, până în anul 2010, cel puțin 15 la sută din energia consumată la nivel global să provină din surse nepoluante. Din păcate, din nou însă, Washingtonul a avut o altă părere. I s-au alăturat statele producătoare de petrol și Japonia. Acordul cu privire la implementarea surselor de energie regenerabilă s-a transformat într-o simplă declarație de intenție, o enumerare de deziderate care sună frumos. Nu s-au stabilit însă nici termene, nici procente, nici sancțiuni pentru cei care nu-și respectau "angajamentele".

O explicație ar exista. Nu este un secret pentru nimeni faptul că actuala administrație de la Casa Albă are legături strânse cu domeniul petrolului. Președintele Bush face parte dintr-o familie de petroliști texani, iar secretarul de stat Condoleezza Rice, a fost director la "Chevron" între 1991 și 1999. Vicepreședintele Dick Cheney a fost director executiv al unei companii petroliere, iar fostul secretar al Energiei a lucrat pentru gigantul "Tom Brown". În aceste condiții nu

este de mirare că lobby-ul petrolului este acum extrem de influent în Statele Unite.

### Ne dezbărăm greu de obiceiurile rele

Ne-am învățat să fim dependenți de automobil, în general, iar de cel personal, în special. Peisajul șoselei urbane sau al autostrăzii populate de autoturisme cu un singur pasager a devenit cotidian. Se pare că orice inițiativă de a reduce dependența de acest "drog" tehnologic este sortită eșecului. În nici un oraș al lumii, programele speciale de încurajare a mobilității alternative prin sisteme precum "Car Sharing", "bandă specială" pentru automobile cu mai mult de un pasager, "o zi pe săptămână fără automobil" și multe, multe altele, au rămas experimente care nu se pot generaliza. Suntem îndărătnici, vrem automobil personal! Este clar totuși că nu mai merge așa, iar automobilul electric pare să fie "îndulcitorul" cel mai apropiat de gustul original.

Paginile următoare se doresc a fi o pledoarie pentru un mediu mai curat, fără renunțarea la confort, pentru eliminarea prejudecăților privind automobilul electric.

Teamă sau comoditate? Necunoaștere sau indiferență? Dacă, citind această carte veți accepta să luați în considerație și opțiunea automobilului electric, considerăm că scopul nostru a fost atins. S-ar putea ca acesta să fie un început.

Deci, la braț cu natura sau împotriva ei ?

## CAPITOLUL 2

### 2.1. SCURT ISTORIC AL AUTOMOBILULUI ELECTRIC

În istoria vehiculelor de transport, vehiculele electrice sunt un element al ultimelor două secole, deoarece apariția lor a coincis cu o maturizarea tehnologică a societății. Astfel, apariția primei trăsuri electrice este localizată în Scoția, undeva între 1832 și 1839, având ca inventator pe Robert Anderson. Un mic vehicul electric a fost proiectat în Olanda de profesorul Stratingh de la Universitatea Groningen și apoi realizat în 1835 de asistentul acestuia, Christopher Becker. Aceste prime vehicule erau însă relativ incomode, păstrând foarte multe elemente de la trăsuri. Versiuni cu mai mare succes la public au avut americanul Thomas Devenport și scoțianul Robert Davidson în 1842. Din păcate, toate aceste prime vehicule utilizau baterii nereversibile, care se terminau repede, iar înlocuirea lor era incomodă și costisitoare. Acest handicap a fost depășit când francezul Gaston Planté a inventat acumulatorul cu plumb în 1865, care a fost îmbunătățit în 1881 de

conaționalul său Camille Faure. Astfel se poate spune că s-a deschis drumul vehiculelor electrice.

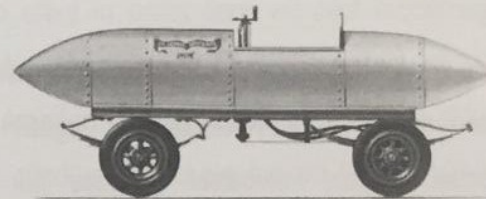
În această perioadă a sfârșitului de secol XIX, europenii, mai ales francezii și englezii, au fost cei care au susținut dezvoltarea vehiculelor electrice. Ele aveau unele avantaje față de vehiculele cu abur, care aveau randament slab, mai ales în condiții de viteză variabilă, erau cam „murdare”, aveau timp mare de pornire (până se încălzea cazanul), dar mai ales trebuia să se oprească des pentru aprovizionare cu apă. Mult timp vehiculele electrice au fost de preferat și în raport cu vehiculele cu



*Fig.2.1. Modelul Phaeton al lui Wood*

benzină, pentru că erau mai fiabile, mai curate, mai silențioase, nu aveau vibrații și nu aveau probleme cu pornirea. La acea vreme, pornirea se făcea manual, ceea ce constituia o problemă, în special pentru femei și mai ales la puteri mari ale motorului. O altă problemă a mașinilor cu motoare cu ardere internă era schimbătorul de viteze, care funcționa cu dificultate și nesilentios, mai ales la puteri mari. Ca o expresie a acestei superiorități, primele recorduri automobilistice au

fost realizate de vehicule electrice. Ideea unui record de viteză pentru automobile a aparținut francezului Gaston Chasseloup, care, la 18 decembrie 1898, în colaborare cu publicația „La France Automobile” a organizat prima încercare în apropierea Parisului, atingând la bordul automobilului electric „JEANTAUD” viteza de 63 km/h, devenind primul recordman din istoria automobilismului. Prima mașină ce a depășit 100km/h (105km/h de fapt) a fost modelul electric de curse „LA JAMAIS CONTENTE” (Fig.2.2.), realizat în 1899 de belgianul Camille Jénatzy.



*Fig.2.2. La Jamais Contente*

Începând cu 1895, vehiculele electrice au căpătat atenție și în SUA. După un triciclu construit de A.L.Ryker, William Morrison a construit un microbuz de șase locuri în 1891. În 1897, la New York a apărut prima aplicație comercială pe scală largă, sub forma unei rețele de taximetre în New York, mașini realizate de Electric Carriage and Wagon Company din Philadelphia.

Din punct de vedere tehnic, vehiculele electrice ale acestei perioade erau totuși un fel de trăsuri fără cai. De exemplu, modelul Phaeton realizat de Wood în 1902 (Fig.2.1) avea viteza maximă de 14mph(23km/h), o autonomie de 18 mile (29km) și costa în jur de 2000\$.

Ulterior, mașinile electrice s-au dezvoltat, în special sub forma unor modele luxoase, cu interior elegant, concepute mai ales pentru oameni bogați și mai ales femei bogate, care puteau conduce ușor un automobil. Vârful de producție s-a atins în 1912, dar mașinile electrice au fost în vogă până prin 1920.

Declinul mașinilor electrice a avut mai multe cauze, printre care se pot enumera:

- dezvoltarea economică a dus la crearea unei infrastructuri rutiere îmbunătățite, care a permis dezvoltarea unor legături interurbane. Datorită autonomiei reduse, vehiculele electrice nu mai dădeau satisfacție;

- vehiculele electrice cu baterii cu plumb erau grele și necesitau drumuri bune, care erau în orașe, dar nu în afara lor. Această problemă apărea insurmontabilă mai ales la parcursul pe drumuri neamenajate (off-road);

- chiar în orașe, acolo unde vehiculul electric nu era dezavantajat de autonomie, el era dependent de rețeaua electrică pentru reîncărcarea bateriilor. Mai ales în SUA, rețelele electrice nu erau unificate. Existau în aceleași zone și rețele în curent continuu (sprijinite

de marele inventator Edison) și rețele în curent alternativ. Dar și acestea din urmă aveau tensiuni diferite, majoritatea 110V și 220V;

- descoperirea petrolului în Texas a dus la scăderea prețului benzinei care a devenit competitivă în raport cu prețul energiei electrice;

- introducerea demarorului electric de Charles Kettering în 1912 a constituit o puternică lovitură dată vehiculelor electrice în favoarea celor cu motoare cu ardere internă (MAI). Acesta este un alt exemplu a cazului clasic al "cozii de topor", în care un motor electric face să piară categoria mare a vehiculelor electrice;

- modernizări succesive au crescut performanțele și fiabilitatea MAI. Un mare efect în acest sens au avut modernizările legate de organizarea fabricației și îmbunătățirea managementului în industria de automobile, culminând cu introducerea modelului T al lui Ford la prețuri în jur de 600\$, când un vehicul electric era 1700\$.

Începând cu anii '30 automobilul electric a intrat într-un con de umbră. S-au menținut doar vehiculele utilitare, pentru aplicații speciale: electrocare și mașini industriale de manipulat pentru spații închise, depozite etc., mașini de golf care nu trebuiau să producă zgomote și fum, vehicule silențioase pentru aprovizionarea cu lapte pe timp de noapte în orașele britanice, vehicule pentru lucrări edilitare în centrele aglomerate ale orașelor europene și altele.

Toate aceste neazuri ale vehiculelor electrice au pornit de la sursa de stocare a energiei, acumulatorul. Acesta era greu, avea

densitate de energie stocată foarte mică, avea timp de încărcare lung (3-8 ore) și costuri foarte mari. Restul sistemului de tracțiune electrică s-a dovedit net superior sistemului cu motoare termice. Acest lucru a fost demonstrat de dezvoltarea din ce în ce mai impetuoasă a tracțiunii electrice în Europa și Asia: tren, metrou, troleibus, tramvai etc. Toate aceste aplicații de transport erau silențioase și nepoluante, aveau randament mare și sistem simplu și comod de reglaj al vitezei. Datorită ieftinirii energiei electrice obținută nu numai din petrol și gaze, dar și din cărbune sau pe cale hidro, dar și datorită unificării rețelei de distribuție a electricității, Europa a dezvoltat masiv tracțiunea electrică, trecând peste costul mai mare al infrastructurii. În schimb, americanii au preferat să păstreze rolul preponderent al tracțiunii diesel, care s-a transmis până în zilele noastre, mai ales în transportul de mărfuri. Aceasta, pe de o parte, datorită teritoriului vast, care cerea investiții foarte mari în infrastructură, dar și costului scăzut al petrolului practicat decenii la rând pe piața americană.

Începând cu anii '60 automobilul a început timid să reapară. Un exemplu este compania americană Batronic Truck Company formată de firmele Boyertown Auto Body Works, Smith Delivery Vehicles și divizia Exide a lui Electric Battery Company. În 1964 Batronic a livrat lui Potomac Edison Company camioane ce puteau transporta sarcini de 1250kg cu 25mph (40km/h) cu o autonomie de 62mili (100km). Între

1973 și 1983 Batronic a furnizat în colaborare cu General Electric 175 de vehicule utilitare și peste 20 autobuze.

Alte exemple ale vremii cuprind:

- Sebring-Vanguard (Fig.2.3.) a produs peste 2000 de exemplare din modelul "Citicar", care avea o viteză maximă de 44mph, o viteză de regim de 38mph, cu o autonomie de 60mili și la un cost de 4000\$;
- Elcar (Fig.2.3.) care a scos un model de 4500\$ cu o viteză de 45mph și o autonomie de 60mili ;



Fig.2.3. Elcar și Sebring-Vanguard Citicar

- în 1975 US Postal Service a cumpărat de la American Motor 350 de vehicule tip jeep care aveau o autonomie de 40mili la o viteză de croazieră de 40mph.

După anii '70 s-a produs o schimbare de situație, amorsată de războiul din Golf. Pe de o parte au venit constrângerile petroliere legate

de cost, de împuținarea resurselor și de influențe geopolitice. Pe de altă parte au fost influențele din ce în ce mai puternice ale cercurilor ecologiste. Ele au făcut în special automobilul cu motor cu ardere internă responsabil de poluarea din zonele urbane.

În anul 1976, în SUA a fost lansat un program pentru cercetarea, dezvoltarea și demonstrarea potențialului vehiculelor electrice atât al celor cu baterie, cât și al celor hibride. Principala întrebare care s-a pus atunci a fost dacă vehiculele electrice vor putea avea din nou un rol în sistemul de transport, așa cum l-au avut la sfârșitul secolului XIX și la începutul secolului XX. Răspunsul a venit de-abia în prezent, când dezvoltarea pe care au cunoscut-o vehiculele electrice în decursul ultimilor ani permite să se răspundă afirmativ la această întrebare. Un exemplu ilustrativ ar putea fi următorul: un vehicul electric experimental construit în anul 1968 a efectuat o cursă între două prestigioase universități americane: Institutul Tehnologic din California (CALTEC) și Institutul Tehnologic din Massachusetts (MIT), suferind defecțiuni la fiecare componentă importantă a lui, în timp ce un VE comercial construit în anul 1998 a efectuat o cursă de la Los Angeles la Detroit fără a avea nici o defecțiune. În cursul anilor '70, vehiculele electrice erau încă în stadiul de cercetare-dezvoltare și multe dintre ele erau doar simple transformări ale vehiculelor cu motor cu ardere internă. În prezent, principalii producători de automobile oferă în cele mai multe cazuri pentru vânzare sau leasing vehicule electrice originale și nu rezultate prin simple transformări ale vehiculelor tradiționale.

În SUA s-a început războiul pentru "clean air" (aer curat), în principal cu măsuri legislative, cum ar fi US Clean Air Act Amendament din 1990 și US Energy Policy Act din 1992. La nivelul statelor s-au înființat organisme de supraveghere și control, din care cel mai cunoscut prin măsurile drastice adoptate a fost California Air Resources Board (CARB). Acesta a impus noțiunea de vehicul cu poluare limitată, cu mai multe nivele, denumite: LEV (Low Emission Vehicle- vehicul cu emisii reduse), ULEV (Ultra LEV- vehicul cu emisii ultra-reduse), SULEV (Super ULEV) etc., culminând cu ZEV (Zero Emission Vehicle-vehicul cu emisii zero) care de fapt din punct de vedere tehnic înseamnă vehicul electric. Asemănător, europenii au introdus normele EURO I, II, III, IV, etc. Mai mult, CARB a impus inițial în California obligativitatea ca fiecare mare producător să vândă obligatoriu un procent din vehiculele noi sub forma ZEV. De exemplu, era prevăzut ca până în 2004, 4% din vehiculele noi vândute să fie ZEV, iar pînă în 2008, 10%. Ca urmare toți marii producători au scos modele electrice. Fie au adaptat la propulsia electrică unele modele din producția proprie, fie au realizat modele noi, specifice.

După mai mulți ani de dezvoltări, cercetări, reușite și eșecuri, tehnologiile vehiculelor electrice au ajuns la maturitate. Încercările de a face vehiculul electric competitiv cu cel clasic se referă la cele două mari probleme care împiedică transformarea lui într-un succes, respectiv autonomia și prețul de cost. În prezent, sunt utilizate mai multe tehnologii avansate pentru extinderea autonomiei și pentru reducerea costului. Soluțiile se referă la utilizarea sistemelor avansate

de propulsie cu motoare asincrone sau cu motoare fără perii, cu magneți permanenți pentru creșterea performanțelor sistemului de propulsie electrică, utilizarea bateriilor cu plumb acid cu valvă de reglare, baterii cu nichel și hidruri metalice, baterii cu litiu, pile de combustie, ultracapacitoare pentru îmbunătățirea performanțelor sursei de energie. De asemenea, construcția caroseriei implică folosirea de materiale rigide ușoare pentru structura de rezistență mecanică, adoptarea unor forme cu coeficient redus de frecare pentru a micșora rezistența aerodinamică și utilizarea pneurilor cu rezistență de rulare mică pentru a reduce rezistența la înaintare la viteze mici și medii. Totul este completat de adoptarea unor sisteme avansate de încărcare a bateriilor, de control al puterii și de realizarea unor scaune cu temperatură variabilă pentru a extinde serviciile oferite de vehiculul electric.

De exemplu, Ford a oferit o variantă electrică a camionetei



*Fig.2.4. Ford Ranger*

Ranger (Fig.2.4.) cu o autonomie de 65 mile cu baterii cu plumb. Modelul avea performanțe dinamice acceptabile, cărând o sarcină maximă de 700 lbs (350kg) cu o viteză maximă de 75mph, cu accelerații de la 0 la 50mph în 12s.

Modelul EV1 (Fig.2.5.) al lui GM, realizat în 1997, posedă cel mai avansat sistem de propulsie. Acesta este un automobil cu două locuri, cu tracțiune pe roțile din față, care folosește un motor asincron trifazat de 102 kW dispus transversal împreună cu un reductor cu



*Fig.2.5. GMEV 1*

raportul 10,946:1. El posedă un bloc de baterii cu plumb de 312 V, cu valvă de reglare, care se încarcă cu ajutorul unui sistem inductiv de 1,2 kW aflat la bord sau la un sistem inductiv de 6,6 kW plasat în exterior. Sistemul de propulsie oferă un cuplu la ax de 1.640 Nm pentru turații cuprinse între zero și 7000 rpm și o putere de 102 kW pentru turații cuprinse între 7000 și 14.000 rpm, permițând să se atingă o viteză de 128 km/oră (limitată electronic). La pornire, în mai puțin de 9 secunde, vehiculul atinge viteza de 96 km/oră. Autonomia, pentru o încărcare a

bateriilor, este de 112 km, în cazul circulației prin oraș și de 144 km, în cazul circulației pe autostradă. În 2001, EV1 a adoptat folosirea unei baterii cu nichel-hidruri metalice care i-a permis să ajungă la o rază de acțiune de 220 km pentru o încărcare.

Din păcate nivelul tehnologic nu a permis o dezvoltare largă a acestor vehicule, în principal, datorită costurilor mari și autonomiei reduse. De exemplu, EV1 s-a vândut în 5 ani de la lansare în câteva sute de exemplare. De aceea, CARB și-a modificat cumva strategia în ultimul timp. Agenția a permis introducerea pe moment a unor soluții de tranziție cum sunt vehiculele hibride, denumite PZEV (Partial ZEV), fără a pierde din vedere soluția finală, ZEV. Se considera că pe moment vehiculele hibride sunt o soluție, la un orizont de timp undeva între 10 și 15 ani din acest moment, când vor deveni comercial viabile vehiculele electrice cu pile de combustie, ce reprezintă soluția ZEV.

Modelul Ford P2000 reprezintă contribuția firmei Ford la dezvoltarea vehiculului electric cu pilă de combustie. El este un automobil cu 4 locuri, având ca sursă de energie o pilă de combustie cu membrană cu schimb de protoni (PEM), alimentată cu hidrogen comprimat, stocat la 25 MPa și cu oxigen din aer. Pentru propulsie, se folosește un motor asincron trifazat, care oferă o putere maximă de 67 kW, un cuplu maxim de 190 Nm și un randament maxim de 91 %. Având o greutate de 1514 kg, modelul P2000 poate atinge o viteză maximă de 128 km/oră și o autonomie de 160km pentru o încărcare.

În Europa vehiculele electrice au avut un puternic avânt în anii 1996-2000, sprijinite pe căi administrative și fiscale de stat și de

comunități locale din care cea mai reprezentativă este municipalitatea din La Rochelle, Franța. Toți marii producători francezi au lansat în



*Fig.2.6. PEUGEOT 106 Electric*

mod comercial variante electrice (Renault Clio și Express Electric, Peugeot 106 Electric și Citroen AX Electric). Mai mult, pentru a micșora prețul inițial al vehiculului, bateriile se dădeau spre închiriere. Chiria lunară în jur de 500FFr (93\$) plus costul energiei electrice erau echivalente cu costul benzinei la un vehicul clasic. Totuși prețul mare și autonomia limitată au făcut ca pe moment această soluție să nu fie foarte răspândită. Pe moment, majoritatea marilor constructori europeni au în vizor reducerea emisiilor prin introducerea GPL, dar mai ales, a motoarelor diesel turboalimentate, cu toate că se fac cercetări masive și în privința pilelor de combustie.

Firma Daimler-Benz, acum Daimler Chrysler, a prezentat primul ei vehicul electric cu pilă de combustie, alimentat cu metanol în anul 1997 – NECAR 3. Modelul folosește o pilă de combustie tip PEM, care generează o putere de propulsie de 50 kW. Hidrogenul este extras direct din metanol prin intermediul unui mic reformator, evitându-se astfel necesitatea de a avea un rezervor cu gaz comprimat la bord. Pila de combustie este dispusă sub podeaua vehiculului, iar reformatorul, rezervorul de metanol și sistemul de comandă sunt dispuse în portbagaj. Modelul NECAR 3 a parcurs peste 400 km cu 38 de litri de metanol lichid. În anul 2000, a fost lansat modelul NECAR 5 (Fig.2.7.), cu dimensiuni ale sistemului de acționare reduse la jumătate, vehiculul ajungând la o greutate totală de 1.300 kg. Puterea vehiculului a fost crescută la 75 de kW pentru a putea atinge viteze mai mari de 150 km/oră.



Fig.2.7. NECAR 5

Și Japonia a tatonat inițial soluția vehiculelor electrice alimentate de la acumuloare. Modelul Nissan Altra EV, realizat în 1997, este un automobil cu 4 locuri, care folosește un motor cu magneți permanenți, fără perii, de 62 kW, care cântărește doar 39 de kg. Randamentul total al sistemului de propulsie este mai mare de 89 %. Ca sursă de putere, modelul Altra EV folosește o baterie litiu-cobalt, cu energia specifică de 90 Wh/kg, cu puterea specifică de 300 W/kg și o durată de viață de 1200 de cicluri încărcare - descărcare. Bateria se poate încărca la bord cu un sistem inductiv într-un timp de 5 ore. Automobilul Altra EV poate atinge o viteză de 120 km/oră și are o autonomie de 192 km în cazul circulației prin oraș. În anul 1999, Altra EV a adoptat o baterie litiu-mangan pentru a spori puterea specifică la 350 W/kg la o aceeași energie specifică.

În ultimul timp însă, Japonia s-a angajat masiv în susținerea vehiculelor hibride și cu pile de combustie, în principal, prin giganții Toyota și Honda.

Primul vehicul electric hibrid produs în serie a fost Toyota Prius. Acesta folosește două surse de putere, și anume: un motor cu ardere internă cu 4 cilindri, de 52 kW la 4500 rpm, și un motor cu magneți permanenți fără perii, de 33 kW la turații între 1000 și 5000 rpm. Fiind un vehicul electric hibrid cu motor cu ardere internă puternic, prin intermediul unui reductor planetar se transmite putere atât către roți, cât și către un generator electric. Energia electrică produsă poate fi folosită pentru alimentarea motorului electric în scopul sporirii puterii de propulsie, ori poate fi stocată într-o baterie cu nichel și hidruri metalice, cu 38 de module. Toyota Prius poate atinge o viteză maximă de 160 km/oră, poate accelera de la zero la 96 km/oră în 12,7 secunde. Consumul de combustibil este de 5 litri la 100 km în cazul unei funcționări combinate – oraș și autostradă. Atât consumul de combustibil, cât și emisiile poluante sunt mult mai bune decât la orice vehicul convențional. Ulterior s-a lansat și modelul Prius 2004, cu performanțe, design și dotări îmbunătățite, care se vinde în sute de mii de bucăți pe an.

Modelul Honda Insight a fost pus în vânzare în decembrie 2000. El folosește un sistem hibrid cu motor cu ardere internă puternic, cu trei cilindri, de 50 kW la 5700 rpm și un motor sincron cu magneți permanenți de 10 kW la 3000 rpm. Motorul electric este alimentat de la o baterie cu nichel - hidruri metalice de 144V, care se încarcă în timpul

frânărilor recuperative. Modelul Honda Insight este vehiculul electric hibrid cu cel mai mic consum de combustibil – 3,5 litri la 100 km. El satisface, de asemenea, standardul californian referitor la vehiculele cu emisii poluante extrem de reduse.

Ca răspuns la cerințele privind poluarea aerului, consumul de energie și siguranța traficului, Institutul Național de Studiul Mediului din Japonia a realizat, în anul 1996, un vehicul electric ușor cu performanțe ridicate, numit Luciole. Acesta este un vehicul cu două locuri, dispuse unul în spatele celuilalt. Tracțiunea este pe roțile din spate, realizată cu două motoare fără perii cu magneți permanenți dispuse în roți, având o putere totală de 72 kW și un cuplu de 154 Nm. Este folosită o baterie cu plumb-acid cu valvă de reglare, de 224 V montată în șasiu. Bateria se poate încărca în regim normal în 5 ore și în regim de urgență – în 15 minute. Parțial, ea se poate încărca și de la un panou fotovoltaic. Modelul Luciole poate atinge o viteză maximă de 130 km/oră, o rază de acțiune de 130 km și poate accelera de la zero la 40 km/oră în 3,9 secunde.

Un model demonstrativ de vehicul electric este HKU U2001 realizat la Universitatea din Hong Kong în 1993. El este un vehicul cu 4 locuri, cu un motor sincron cu magneți permanenți și înfășurare de excitație, cu baterie cu nichel-cadmium de 264 V. Motorul sincron hibrid folosit oferă un randament ridicat pe un domeniu larg de funcționare. Vehiculul încorporează și un număr de tehnologii avansate, cum ar fi: scaune cu temperatură controlată electric pentru a reduce energia necesară producerii aerului condiționat, folosirea unui sistem audio de

navigație pentru a facilita siguranța și confortul conducerii vehiculului, sistem inteligent de management energetic pentru optimizarea fluxului de energie din vehicul. Modelul HKU U2001 oferă o viteză maximă de 110 km/oră, o rază de acțiune de 176 km la viteza de 88 km/oră și poate accelera de la zero la 48 km/oră în 6,3 secunde.

Un vehicul electric comercial a fost lansat cu succes în India în anul 2001 – Reva EV. Acesta este un vehicul cu două uși, acționat cu un motor de curent continuu cu excitație separată de 13 kW (scurtă durată), 70 Nm, alimentat de la o baterie cu plumb tubulară de 48 de volți. Un încărcător de 2,2 kW, 220 V plasat la bord poate asigura 80 % din încărcare în curs de 3 ore și 100 % din încărcare în curs de 6 ore. Având o greutate de 650 kg, Reva EV poate atinge o viteză maximă de 65 km/oră și o rază de acțiune de 80 km pentru o încărcare. Acest model este comercializat și în România. Caracteristica cea mai atractivă a acestui VE o reprezintă costurile de achiziție și de rulare incredibil de scăzute – 5000 USD prețul de fabrică și mai puțin de 0,01 USD/km costul de rulare. Costurile scăzute s-au obținut prin optimizarea și integrarea sistemului, costul local redus al componentelor, nivelul redus al salariilor locale și automatizările simple.



Fig.2.8. REVA - electric

În prezenta lucrare, se vor prezenta pe larg și alte realizări tehnice, analizând particularitățile lor constructive.

*Ca o concluzie adoptată de majoritatea specialiștilor în domeniu, dar și de marii constructori de autovehicule, viitorul apropiat va consacra o dezvoltare și mai accentuată a vehiculelor, iar soluția pe termen scurt este a vehiculelor hibride sau diesel, dar pe termen mediu va fi propulsia electrică cu pile de combustie.*

## **2.2. ESTE PETROLUL O FATALITATE PENTRU OMENIRE ?**

După cum am arătat, petrolul a schimbat fața lumii și a determinat modificarea cursului istoriei automobilului, care a pornit electric dar s-a lăsat atras de mirajul petrolului și de avantajele sale certe, din păcate în dauna naturii.

Activitatea umană, în special după prima revoluție industrială, a generat suplimentar gaze care produc efectul de seră, ceea ce a condus la accentuarea fenomenului, pe fondul incapacității naturale a Pământului de a prelua acest excedent. După aprecierile savanților, concentrația de CO<sub>2</sub> - principalul GHG (cu o pondere de 80%), a crescut în ultimii 250 de ani cu 30%. Arderea combustibililor fosili este sursa principală. În contul arderii petrolului, în toate procesele aferente activității umane, se poate pune 50% din emisia de CO<sub>2</sub>, 22% în contul gazelor naturale și respectiv 28% în contul cărbunelui

Reducerea dependenței omenirii de petrol (care azi asigură 98% din energia necesară pentru transport), utilizând tehnologii alternative, din surse nepoluante și regenerabile, precum și creșterea eficienței transformării energiei în sistemele de transport, constituie provocări tehnologice cu impact deosebit asupra protecției mediului și viitorului omenirii. Procesul cere însă timp și resurse și nu se poate găsi o soluție de preservare a aerului și a mediului în general, de azi pe mâine, mai ales că procesul distructiv, care s-a manifestat intens mai bine de jumătate de secol, a înclinat dramatic balanța în favoarea transportului rutier și în dauna transportului feroviar electric.

La nivelul anului 2000 necesarul de energie al planetei era acoperit astfel [12]: 41% petrol, 22% gaze naturale, 16% cărbune, 15% energie nucleară, 6% energii "curate" regenerabile, iar dacă nu se vor întreprinde măsuri instituționale (de cele mai multe ori necesar a fi financiare sau fiscale) ferme, aceeași poză va fi proiectată și în anul 2030, dominată de combustibilii fosili, în curs de epuizare: 38% petrol,

29% gaze naturale, 19% cărbune, 8% regenerabile și 6% energie nucleară.

Din perspectiva diverselor sectoare economice ale EU, generarea de energie electrică este responsabilă pentru 37% din emisia de CO<sub>2</sub>, transportul pentru 28%, activitățile domestice pentru 14%, alte industrii pentru 16%, iar serviciile pentru 5%. ***Dar 90% din creșterea prognozată a emisiilor de CO<sub>2</sub> până în anul 2040 va fi datorată sectorului transporturilor, din care transportul rutier este responsabil pentru 84%.*** În fiecare an un autoturism pompează în atmosferă o cantitate de CO<sub>2</sub> cu masă de patru ori mai mare decât propria masă. Dependența sectorului transporturilor de combustibilii fosili și, în special, de petrol este cea mai acută, în raport cu alte domenii, și tocmai de aici rezultă rolul său central de poluator. Deși contribuția anuală actuală a EU la "poluarea globală" este de numai 14%, față de 25% pentru Asia și 29% pentru USA, EU a dovedit PÎNĂ ACUM mai multă determinare politică, asumându-și unilateral responsabilități de reducere a GHG cu 8% până în 2008-2012 față de 1990.

Transportul din EU este responsabil pentru 28% din totalul emisiilor de CO<sub>2</sub>, iar creșterea dramatică a acestui sector, fără măsuri ferme și rapide de control, poate pune sub semnul întrebării capacitatea EU de a se conforma cerințelor Protocolului de la Kyoto. Este șocant să aflăm [16] că un camion Diesel generează de șase ori mai mult CO<sub>2</sub> /tonă transportată x km decât o locomotivă Diesel. Se

impune cu stringență o rediscutare a poziției transportului rutier pentru mărfuri și, respectiv, a automobilului personal în aglomerările urbane.

Orice decizie va trebui să țină seama de cele două fațete ale procesului dezvoltării durabile: nevoie de dezvoltare a pieței de energie în sistem de piață liberă, pe de o parte, respectiv afectarea mediului și schimbările climatice cu efecte dezastruoase la nivelul întregii planete. Atingerea țintei de 20% pentru regenerabile până în 2020, așa cum se angajase Uniunea Europeană, pare să fie amenințată, după cum rezultă din ultimile luări de poziție la EURELECTRIC [10]. Dezbaterile din aprilie 2005 din cadrul ITRE-Comitetului pentru Industrie, Cercetare și Energie din Parlamentul European, au scos în evidență diferențele de opinie dintre punctele de vedere ale diverselor grupuri politice sau de țări. Unii membri ai Parlamentului European doresc obiective mai puternic angajante în domeniul protecției mediului și al utilizării energiilor "curate", în timp ce alții critică efectele negative ale susținerii instituționalizate a energiilor regenerabile (RES) asupra competitivității în ansamblu a economiei EU. Mai mulți membri ai Parlamentului European au subliniat faptul că ITRE ar trebui să găsească o nouă abordare a criteriului competitivității, după modelul USA, iar obiectivele de tip "Lisabona" [15] să fie reconsiderate. Ei au arătat că schemele costisitoare de susținere a sectorului RES contribuie la creșterea prețului energiei și pun în pericol statutul Europei ca loc de amplasare a industriei.

Deci, înapoi la petrol ...

## CAPITOLUL 3

### 3.1. ELECTRIC SAU HIBRID?

#### Cum stăm cu tehnologia?

Vehiculele electrice moderne sunt mașini complet noi, total diferite de vehiculele rutiere clasice. Chiar dacă la prima vedere, cele două tipuri de vehicule sunt asemănătoare, principiile lor de funcționare sunt total diferite și, de aceea, și tehnologiile trebuie să țină cont de abordare. Produsele finale trebuie să fie aproximativ la fel, pentru a nu speria utilizatorul dar, pentru a atinge acest deziderat, abordarea trebuie să fie diferită.

Condiția de plecare pentru a obține un vehicul electric competitiv, cu performanțe ridicate, la un cost acceptabil, este de a integra ingineria automobilelor cu ingineria electrică. Deoarece caracteristicile propulsiei electrice sunt fundamental diferite de cele ale propulsiei termice, o nouă abordare a proiectării este esențială pentru ingineria vehiculului electric. În plus, folosirea unor surse de energie performante

și adoptarea unui management energetic inteligent reprezintă factori-cheie pentru realizarea unor vehicule electrice competitive cu vehiculele cu motor cu ardere internă.

În ultimii ani, o serie de inovații contribuie la crearea unor vehicule ecologice, care să nu depindă de rezervele de petrol. Existența unor materiale ușoare și rezistente pentru caroseria vehiculului, realizarea unor sisteme eficiente de stocare și conversie a energiei, dezvoltările în domeniul electronicii de putere și al informaticii, care permit accesul constructorilor la sisteme de propulsie performante sunt numai câțiva din factorii care contribuie la concepția unor vehicule electrice performante.

Proiectarea vehiculelor electrice trebuie să includă tehnologiile actuale ale ingineriei automobilului, ingineriei electrice și electronice și ingineriei chimice. Ea trebuie să adopte o concepție specifică și să dezvolte tehnici de fabricație adecvate acestor noi vehicule.

Trebuie făcut orice efort pentru a se realiza optimizarea utilizării energiei de către vehiculul electric. Sistemul de management energetic este un factor-cheie, contribuind decisiv la succesul produsului. La proiectarea unui vehicul electric, trebuie să se ia în considerare atât identificarea pieței, cât și ciclul de funcționare. De asemenea, trebuie să se analizeze interacțiunile subsistemelor componente ale acestuia, urmărind gradele de interacțiune care afectează costul, performanțele și siguranța funcționării și să se optimizeze eficiența acționării în acord cu profilul de acționare și cu condițiile de funcționare.

Tehnologiile cheie ale VE includ tehnologiile automobilelor, tehnologiile electrice, tehnologiile electronice, tehnologia informației și tehnologii chimice. Cu toate că sursa de energie este elementul critic, concepția carcasei, propulsia electrică, managementul energetic, precum și optimizarea întregului sistem reprezintă elemente la fel de importante. De fapt, integrarea tuturor acestora este cheia succesului.

Există două moduri de abordare pentru realizarea unui vehicul electric – transformarea unui vehicul tradițional sau conceperea unui vehicul nou. În cazul transformării unui vehicul tradițional, motorul termic și echipamentele asociate lui sunt înlocuite de motorul electric, convertorul de putere și bateria electrică. Această abordare este economică în cazul producerii unui număr mic de vehicule electrice deoarece utilizează șasiul și alte componente mecanice deja existente. Dar, în cele mai multe cazuri, vehiculul electric rezultat are o greutate mare, un centru de greutate ridicat și o distribuție ne-echilibrată a maselor. De aceea, acest mod de abordare este părăsit treptat.

În prezent, vehiculele moderne au o construcție concepută special pentru ele. Aceste construcții special concepute au ca avantaj, față de cele transformate, faptul că oferă inginerilor posibilitatea de a avea o mare flexibilitate în coordonarea și integrarea diferitelor subsisteme astfel ca acestea să funcționeze împreună eficient.

Există unele principii de proiectare a vehiculelor electrice astfel ca performanțele globale cum sunt raza de acțiune, panta accesibilă, accelerația maximă și viteza maximă să poată fi îmbunătățite. Aceste principii includ reducerea greutății, adoptarea unor forme cu coeficient

de rezistență aerodinamică de valoare mică, precum și realizarea unei rezistențe la rulare cât mai mici. În primul rând, greutatea vehiculului afectează direct performanțele, mai ales raza de acțiune și valoarea pantei abordabile. Pentru reducerea greutății, la realizarea șasiului și a caroseriei se folosesc materiale ușoare cum este aluminiul și materialele compozite. În al doilea rând, folosirea unor forme cu rezistență aerodinamică mică are efecte însemnate asupra valorii razei de acțiune, mai ales în cazul mersului pe autostrăzi, cu viteză mare. În al treilea rând, rezistența mică de rulare influențează semnificativ valoarea rezistenței la înaintare la viteze mici și medii și are un rol important la extinderea razei de acțiune în cazul circulației în interiorul orașelor. Aceasta se poate obține prin folosirea noilor pneuri din cauciuc cu polimeri, asociată cu creșterea presiunii în pneuri.

Vehiculele electrice, comparativ cu vehiculele cu motor cu ardere internă, oferă o rază de acțiune mai mică. De aceea, pentru a maximiza utilizarea energiei stocate la bord trebuie să se folosească un sistem inteligent de management energetic. Un asemenea sistem folosește senzori pentru mărimile de intrare ale diferitelor subsisteme ce compun vehiculul electric, inclusiv senzori de temperatură pentru aerul din exterior și din interior, pentru curentul și tensiunea sursei de energie în cursul încărcării și descărcării ei, pentru curentul și tensiunea motorului electric, pentru viteza și accelerația vehiculului. Sistemul de management energetic poate realiza următoarele funcțiuni:

- optimizarea fluxului energetic al sistemului

- prezicerea energiei rămasă disponibilă și, deci, a razei de acțiune reziduale
- sugerarea unui mod de conducere mai eficient
- dirijarea energiei recuperate la frânare spre sursele care o pot primi
- controlarea temperaturii ca răspuns la variațiile climatice externe
- ajustarea intensității iluminatului ca răspuns la schimbările externe
- propunerea unui algoritm adecvat de încărcare a bateriei
- analiza istoricului funcționării surselor de energie, în special a bateriei
- diagnoza oricărei funcționări incorecte sau a defectărilor componentelor sursei de energie.

Când sistemul de management energetic este conectat cu sistemul de navigație, el poate planifica rute eficiente energetic, poate localiza facilitățile de încărcare pentru deplasări pe distanțe mari și poate modifica ruta prestabilită pe baza condițiilor de trafic. În sumă, sistemul de management energetic realizează funcțiuni multiple integrate, este flexibil și adaptabil fiind „creierul” VE care urmărește folosirea rațională a energiei limitate existentă la bordul vehiculului.

Optimizarea sistemului presupune abordarea vehiculului electric ținând cont că acesta are o arhitectură complexă realizată cu o tehnologie multidisciplinară. Ca urmare, performanțele sunt determinate de factori care aparțin mai multor discipline intercorelate

care concură la buna funcționare a vehiculului electric. Având în vedere caracterul complex al interacțiunilor componentelor, optimizarea construcției și a regimurilor de funcționare se poate face numai prin simulare numerică. Așadar, fabricanții de vehicule electrice trebuie să apeleze la simularea pe calculator a funcționării pentru a minimiza costul prototipurilor, timpul de realizare a acestora și pentru a face o evaluare rapidă a performanțelor proiectate. Deoarece un vehicul electric este alcătuit din mai multe subsisteme conectate între ele prin legături mecanice, electrice și termice, simularea pe calculator trebuie să se bazeze pe conceptul de simulare cu semnale mixte. Ca urmare, optimizarea sistemului trebuie să se efectueze la nivel global, unde va trebui să se admită mai multe compromisuri între diversele criterii de optim ale subsistemelor componente. În general, trebuie să fie parcurse mai multe procese iterative pentru stabilirea criteriilor de optimizare globală.

În esență, simularea la nivel de sistem și optimizarea unui vehicul electric trebuie să ia în considerație următoarele aspecte esențiale:

- analiza interacțiunilor dintre diversele subsisteme componente
- întrucât acuratețea modelului este, de obicei, coerentă cu complexitatea lui, dar poate fi în contradicție cu ușurința utilizării cu care el poate fi utilizat, trebuie să se facă compromisuri între acuratețe, complexitate, manevrabilitate și trebuie să se ia în considerație și timpul de simulare
- optimizarea valorilor nominale ale tensiunii și curentului motorului, capacitatea de accelerare a vehiculului, autonomia

de deplasare și siguranța pasagerilor precum și a greutateii bateriilor, care trebuie abordate la nivel global al ansamblului vehiculului

- optimizarea combinației de surse de energie plasate pe vehicul, precum și gradul de hibridizare care trebuie să țină cont de performanțelor vehiculului și a costului
- deoarece vehiculele electrice folosesc, de obicei, un reductor de turație cu raport fix, valoarea raportului de reducere poate afecta mult performanțele vehiculului și manevrabilitatea acestuia. Ca urmare, va trebui să se determine raportul de reducere optim prin optimizări iterative pentru diferite profiluri de acționare.

### **Tendențe de dezvoltare**

Sesizarea tendințelor de dezvoltare privind diferitele aspecte ale vehiculelor electrice se poate face dacă se examinează lucrările prezentate în ultimii ani în mediul științific. În privința sistemului de propulsie, se observă că articolele de cercetare privind acționările cu motoare asincrone și acționările cu motoare sincrone cu magneți permanenți sunt dominante, în timp ce articolele referitoare la acționările cu motoare de curent continuu au scăzut mult, iar cele referitoare la acționările cu motoare sincrone cu reluctanță sunt încă în stadiul de promovare. În privința tendințelor de dezvoltare a diverselor surse de energie cum sunt bateriile cu plumb-acid, bateriile cu nichel,

bateriile cu litiu, pilele de combustie, ultracapacitoarele și volanții – numărul de articole referitoare la ultimele patru tipuri de surse este în continuă creștere, demonstrându-se astfel atractivitatea în creștere a acestor surse, în ciuda faptului că bateriile cu plumb și cele cu nichel sunt perfecționate mereu. În privința configurațiilor, se observă că vehiculele electrice obținute prin simpla transformare a vehiculelor cu motor termic sunt mai puțin atractive decât cele concepute special, în timp ce interesul pentru vehiculele electrice hibride este în creștere. Se observă, de asemenea, că vehiculele electrice sunt în pragul comercializării, întrucât din ce în ce mai multe articole au ca subiecte demonstrarea performanțelor, probleme de standardizare și de marketing.

Este evident că, pentru următorii ani, vehiculele electrice și cele electrice hibride vor coexista, întrucât au segmente de piață diferite. Vehiculele electrice vor fi acceptate pe nișele de piață formate de beneficiarii transportului local, în comunitățile în care energia electrică este ieftină și ușor accesibilă și în localitățile unde se vor impune condiții de poluarea zero. Pe de altă parte, vehiculele electrice hibride vor fi acceptate de acei beneficiari care vor dori automobile cu rază mare de acțiune.

Cel care cumpără un automobil electric este interesat de performanțele acestuia și de prețul de cost. Vehiculele electrice hibride au, cu certitudine, performanțe mai atractive pentru utilizator: autonomia este mult mai bună, iar consumul și emisiile mai mici. Prețul de cost este însă mai mare, datorită problemelor tehnologice specifice.

Pătrunderea pe piață a vehiculelor electrice va depinde, în ultimă instanță, de costul acestora. În următorii ani, se va accelera comercializarea vehiculelor electrice cu pilă de combustie, deoarece aceste vehicule au cele mai mari șanse să ofere raze de acțiune și performanțe similare cu cele ale vehiculelor actuale echipate cu motoare cu ardere internă; deocamdată însă, ele se află în stadiul de dezvoltare.

Concluzia care se impune este că propulsia electrică și sursele de energie vor fi în continuare considerate tehnologii-cheie, iar vehiculele electrice și vehiculele electrice hibride vor continua să coexiste, în timp ce considerentele energetice, ecologice și economice vor fi și de acum înainte factori-cheie pentru comercializarea lor.

Piața liberă ignoră problemele de reducere a emisiilor poluante și de asigurare a dezvoltării durabile și de aceea revine factorului politic rolul de a elabora norme de accelerare a comercializării tehnologiilor social benefice cum este și tehnologia transportului electric.

Motivarea dezvoltării unui sistem de transport durabil, cu vehicule electrice este dată și de schimbările climatice cauzate de efectul de seră produs de CO<sub>2</sub> (încă nu se specifică explicit în legislații), precum și de directivele adoptate în UE privind reducerea consumului de combustibil.

Sprijinirea introducerii vehiculelor electrice ca o alternativă a transportului clasic există. Este suficient să amintim numai câteva :

- stimularea creșterii economice regionale (crearea de noi locuri de muncă și de noi surse de profit)

- descongestionarea traficului urban prin folosirea pentru deplasări pe distanțe mici a unor vehicule cu gabarit redus
- crearea unui sistem de transport integrat eficient folosind tehnicile de comunicare moderne, cu vehicule adaptate cerințelor de moment.

În momentul de față, se conturează o aparentă dispută privind oportunitatea dezvoltării cu precădere a unui anumit tip de vehicul electric. Fiecare soluție are adepții săi, cu argumente pro și contra, de aceea este evident că trebuie abordate în funcție de condițiile economice și politice specifice pentru fiecare aplicație. Vehicule pur electrice (cu baterii, cu ultracapacitoare sau cu volanți), vehicule electrice hibride (la care energia electrică este generată total sau parțial de un motor termic), precum și vehicule electrice cu pilă de combustie (energia electrică se obține la bord din energie chimică folosind o pilă de combustie) pot fi soluțiile optime în anumite condiții externe, legate de piața de desfacere și locul unde sunt implementate.

Vehiculele electrice hibride combină folosirea motorului electric cu cea a motorului termic: motorul termic poate funcționa optim mereu și poate fi subdimensionat (șocurile de cuplu fiind preluate de motorul electric). Ele sunt mai complicate, mai puțin fiabile și mai scumpe ca vehiculele clasice, dar au o tehnologie ușor accesibilă. Au structuri foarte diverse, cu grade de hibridizare diferite.

Pentru vehiculele electrice, dacă costul de achiziție este cert mai mare decât pentru un vehicul clasic, trebuie subliniat faptul că

beneficiile indirecte sunt mai mari, deoarece costurile de întreținere și durata de viață mai mare conduc la un cost pe kilometru mai mic.

Costurile vehiculelor electrice cu baterie depind mult de tipul bateriei, de accesorii cum ar fi instalația de încărcare. Reducerea costurilor se poate face prin reducerea dimensiunilor bateriei, în urma căreia rezultă fie un vehicul cu energie și putere mică, fie un vehicul hibrid prin hibridizarea cu alte surse : volanți, ultracapacitoare, motoare termice mici.

Cheia comercializării și promovării cu succes a vehiculelor electrice constă în producerea cu cost redus a unor produse performante, însoțită de sprijinirea investiției inițiale și asigurarea unei infrastructuri eficiente. Strategiile adoptate trebuie să ia în considerare folosirea unor tehnologii competitive, partajarea pieței și a resurselor, astfel ca produsele să satisfacă cerințele beneficiarilor. Cu toate că aceste strategii extrem de complexe pot varia de la un fabricant la altul și de la o țară la alta, elementul lor comun este disponibilitatea și angajarea fermă, în direcția introducerii vehiculelor electrice, a fabricanților și a partenerilor lor din industrie, a guvernelor și a autorităților publice, a furnizorilor de energie electrică și a utilizatorilor de vehicule. Chiar dacă piața va decide, forțele pieței reprezintă un concept abstract, generat de indivizi care au interese diferite (unul din aceste interese putând fi chiar și promovarea unui sistem de transport durabil, cu vehicule electrice). De aceea, sunt esențiale strategiile și înțelegerile inițiale de pătrundere pe piață a acestora, fiind de la sine

înțeles că trebuie să se acorde toată considerația tuturor așteptărilor clienților.

Cheia succesului e dată de integrarea cerințelor sociale, care includ suportul politic al guvernului, finanțări și asocieri de capital, facilități acordate industriei, precum și suportul științific al instituțiilor academice precum și integrarea cerințelor tehnice, adică integrarea efectivă a tehnologiilor actuale din ingineria automobilelor, ingineria electrică și electronică, ingineria chimică și ingineria materialelor.

În faza inițială, vehiculele electrice nu pot concura cu vehiculele cu motor cu ardere internă în orice domeniu de utilizare. De aceea, este important să se identifice nișele de piață care pot fi populate cu vehicule electrice, cum ar fi transportul comunitar, și deci trebuie să se identifice cerințele tehnice specifice și să se adopte integrarea adecvată și optimizarea corespunzătoare. Pentru realizarea unui cost rezonabil, trebuie să se adopte o abordare unică a proiectării și un mod de fabricație unic. Esențiale sunt, de asemenea, serviciile asigurate clienților după vânzare și întreținerea unei infrastructuri eficiente.

Deoarece vehiculele electrice nu sunt vehicule tradiționale, pentru promovarea lor este necesar să se elaboreze strategii și programe noi de marketing astfel ca financiarii, fabricanții și clienții să poată coopera în situații reciproc avantajoase. Obstacolele principale pentru comercializarea lor sunt autonomia de mișcare redusă și costul inițial ridicat. Trebuie să ținem seamă, însă, de faptul că un vehicul electric are un cost total format din două părți: costul inițial și costul de funcționare. Costul inițial al unui vehicul electric este mai ridicat decât

cel al unui vehicul cu motor termic din cauza folosirii bateriilor ca elemente de stocare a energiei, în timp ce vehiculele tradiționale folosesc ca element de stocare a energiei rezervorul de combustibil, care are un cost neglijabil în raport cu costul întregului vehicul. Pentru a ușura efortul financiar al cumpărătorului unui vehicul electric, a apărut ideea închirierii bateriei, astfel încât costul inițial al lui să se compună doar din costul șasiului, al caroseriei și al sistemului de propulsie. În acest fel, un vehicul electric poate avea un cost inițial egal sau chiar mai mic decât costul unui vehicul cu motor termic, dacă el ar ajunge să fie produs în serie mare. Apoi, costul de funcționare al unui vehicul electric va fi format din trei părți: costul de întreținere, costul combustibilului și costul de închiriere a bateriei. Conform statisticilor făcute în mai multe țări referitor la funcționarea vehiculului electric, costul de întreținere reprezintă numai (25 + 50) % din cel al unui vehicul tradițional. Costul combustibilului folosit de el, raportat la costul combustibilului folosit de un vehicul tradițional, variază de la o țară la alta deoarece prețul petrolului depinde de resursele energetice ale fiecărei țări, de politica ei energetică și de sistemul de taxe practicat. Oricum, dacă se consideră și un profit rezonabil pentru companiile de închiriere a bateriilor, costul anual total de funcționare al unui vehicul electric rezultă mai mic decât cel al unui vehicul similar echipat cu motor cu ardere internă. Această diferență de cost poate fi suficientă pentru a compensa, în decurs de câțiva ani, un cost inițial mai ridicat al vehiculelor electrice produse în serie mică.

Comaniile de închiriere a bateriilor pot fi societăți comerciale constituite prin asocierea fabricantilor de baterii, a distribuitorilor de baterii, a furnizorilor de energie electrică și a societăților de comercializare a petrolului. Aceste companii ar urma să dețină baterii pe care le-ar putea închiria, ar efectua încărcarea acestora și ar oferi și alte servicii clienților, asumându-și totodată și responsabilitatea reciclării bateriilor. Întrucât numărul bateriilor manevrate de aceste companii specializate ar fi foarte mare, costul serviciilor oferite de ele ar putea fi destul de scăzut. Programul menționat mai înainte, nu numai că va micșora efortul financiar inițial pe care trebuie să-l facă cumpărătorul unui vehicul electric, dar va micșora, de asemenea, și încărcătura psihologică a lui. De câte ori beneficiarul unui vehicul electric va avea probleme, el va putea să se adreseze la o stație de închiriere și întreținere a bateriilor care-i va putea asigura consultanța de care are nevoie. În funcție de cerințele clientului, companiile vor putea oferi o încărcare normală, ocazională sau de urgență a bateriilor sau le vor schimba cu altele deja încărcate în orele în care costul energiei electrice este scăzut. În acest fel ele vor putea dirija cererea de energie electrică, contribuind la creșterea eficienței utilizării acesteia.

Privită schematic, situația actuală a pieței vehiculelor electrice poate fi descrisă prin următorul cerc vicios:

- un preț inițial mare
- o atracție redusă pentru clienți
- o cerere redusă de vehicule electrice

- lipsa interesului investitorilor
- producția de masă a vehiculelor electrice nu se poate iniția
- nu sunt vânzări la scară mare
- rezultat: un preț inițial mare.

Această situație trebuie să fie schimbată prin introducerea următorului ciclu:

- un interes pronunțat pentru investitori
- producerea în masă a vehiculelor electrice
- vânzări la scară mare
- cost inițial redus
- satisfacție crescută a clienților
- cerință mare de EV
- un interes pronunțat pentru investitori.

Sistemul de transport al secolului XXI trebuie să fie curat, eficient, inteligent și durabil.

Cerințele de protecție a mediului și de conservare a energiei au urgentat dezvoltarea vehiculelor electrice, dar comercializarea acestor mijloace de transport nu este încă un succes din cauza costului ridicat și al autonomiei reduse. În următorii câțiva zeci de ani, tehnologiile vehiculelor electrice vor continua să se dezvolte, sursele de energie vor evolua și sistemele de propulsie se vor perfecționa. Vehiculele electrice vor fi realizate, în principal, ca vehicule ușoare pentru nișe de piață, cum ar fi transportul comunitar. Vehiculele electrice hibride pot satisface cerințele curente ale clienților și numărul lor va crește rapid. Problema cheie a lor o constituie optimizarea mai multor surse de

energie pentru a se obține cele mai bune performanțe la un cost redus. Vehiculele electrice cu pilă de combustie au cele mai mari șanse să devină vehiculele curente ale viitorului, deoarece ele au emisii poluante aproape zero și au o autonomie de parcurs comparabilă cu cea a vehiculelor cu motor cu combustie internă. În prezent, dezvoltarea acestor vehicule se află într-un stadiu incipient, deoarece mai trebuie să fie rezolvate următoarele probleme: fabricarea unor pile de combustie cu cost redus, realizarea unor procesoare de combustibil eficiente și elaborarea unui sistem de alimentare cu combustibil eficient. Pentru orientarea strategiilor de dezvoltare a vehiculelor electrice este esențială o concepție inginerescă proprie acestor vehicule.

## CAPITOLUL 4

### 4.1. AUTOMOBILUL ELECTRIC

După cum s-a precizat anterior, prin "automobil electric", sau mai general, "vehicul electric" se înțelege, de obicei, un vehicul care poate circula autonom pe drum și are sistem de propulsie electric. Termenul *autonom* indică faptul că vehiculul are sursă proprie de energie și nu depinde de existența unei linii de contact, ca la troleibuz. El poate circula pe drum, fie că este drum public, drum privat, teren neamenajat etc., dar nu este legat de un sistem de ghidare, cum este trenul electric.

Din punct de vedere teoretic, un vehicul electric are cel puțin două posibilități de alimentare: fie de la o sursă îmbarcată, pe care vehiculul o cară în permanență cu el, fie de la una sau mai multe surse fixe cu transferarea energiei pe cale electromagnetică, cum ar fi, de exemplu, undele radio. Din păcate, varianta a doua este în acest moment exclusă, deoarece randamentul transferului electromagnetic de energie prin aer la distanțe mari, de ordinul kilometrilor, este extrem de scăzut, iar puterea necesară la un automobil este mare, de ordinul zecilor de

kilowați. Ca urmare, structura clasică a unui vehicul electric este cea prezentată în Fig. 4.1. S reprezintă sursa de alimentare cu energie electrică, P reprezintă sistemul de propulsie, adică toate elementele care produc energia mecanică necesară deplasării vehiculului, cât și elementele de reglaj pentru a asigura viteza variabilă dorită a vehiculului, indiferent de sarcina acestuia și de condițiile de drum. Și, în sfârșit, T reprezintă transmisia, adică elementele care preiau energia mecanică de la sistemul de propulsie și o transmit la roți, cum ar fi cutie de viteze, diferențial, planetare etc. Este de remarcat că între sursa S și sistemul de propulsie P există o legătură electrică, prin fire flexibile,

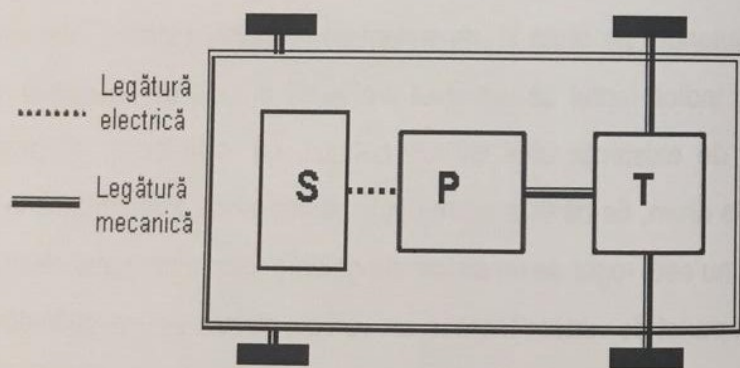


Fig.4.1. Schema unui vehicul electric.

iar între acesta din urmă și transmisia T și roți, există legături mecanice, relativ rigide. Mai este de remarcat că Fig. 4.1 este doar o schemă de principiu, ea permițând foarte multe configurații practice, dintre care cele mai importante vor fi discutate în continuare.

## Configurații posibile pentru vehiculele electrice

a. Cea mai simplă soluție de vehicul electric, îndeosebi pentru constructorii de vehicule, a fost pur și simplu păstrarea generală a vehiculului din producția curentă, făcându-se doar înlocuirea sistemului de propulsie cu motor termic, cu unul electric, așa cum pe același autovehicul se poate monta, fie un motor cu benzină, fie unul diesel, fie o turbină cu gaz. Evident, s-au înlocuit și elementele auxiliare cu unele adecvate noii soluții: rezervorul de combustibil s-a înlocuit cu un pachet de baterii, s-a adoptat un sistem de climatizare adecvat, s-a adaptat raportul de transmisie din cutia de viteze etc. Aceasta a fost soluția cea mai rapidă, comodă și ieftină pentru a ieși pe piață cu modele electrice și a fost adoptată, de exemplu, de Renault pentru modelele Clio și Express, de Peugeot pentru 106, de Citroen pentru AX.

b. O altă soluție, mai performantă, dar care a necesitat mai mult timp și bani, a fost realizarea unei structuri noi, mai bine adaptate condițiilor de exploatare specifice. Structura de principiu s-a păstrat, dar s-au adoptat dimensiuni și organizarea interioară specifice, materiale specifice, anvelope specifice etc. Această soluție a fost adoptată, fie de constructorii mici, care nu aveau o platformă proprie, cum ar fi ERAD, fie de constructorii mari, dar care nu aveau platforme adecvate adaptării la tracțiune electrică, cum a fost General Motors cu modelul EV1.

Printre soluțiile de tracțiune complet noi, specifice propulsiei electrice se numără:

c. Soluția cu înlocuirea diferențialului și acționarea independentă a roților. Această soluție se prezintă în Fig. 4.2.

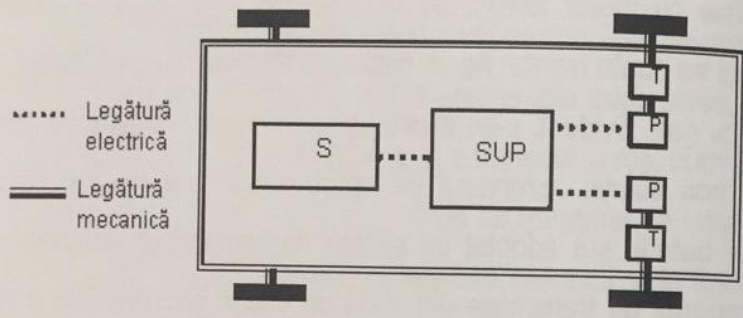


Fig. 4.2. Schema unui vehicul electric cu acționare independentă pe roți.

Fiecare roată motoare are o transmisie, de obicei un simplu reductor, și un sistem propriu de propulsie cu motor electric și variator de turație. Fiecare sistem de propulsie se alimentează din sursa de energie, dar turațiile celor două roți date de sistemele de propulsie proprii sunt coordonate de un supervisor (SUP), de obicei condus de un microcalculator. Acesta îndeplinește inclusiv funcția diferențialului de a prescrie turații diferite la roți în curbe. Soluția este superioară, deoarece permite și evitarea derapării dacă aderența roților este diferită, fără modificări constructive ca la diferențialele blocabile, ci doar o modificare în programul supervisorului. O variantă interesantă este cea în care motorul electric se plasează chiar în roată și este cuplat de aceasta printr-un reductor planetar. Ea se utilizează la autobuze

urbane, iar lipsa diferențialului permite coborârea platformei autobuzului, în scopul accesului mult mai ușor al pasagerilor, mai ales al celor în vârstă sau handicapați.

d. Soluția cu punți motoare multiple (două sau mai multe), coordonate electric se prezintă în Fig. 4.3. Fiecare punte are o soluție clasică, cu sistem de propulsie electric și diferențial. Punțile sunt alimentate din aceeași sursă, dar puterea dezvoltată este coordonată de un supervisor, în funcție de condițiile specifice: sarcina vehiculului,

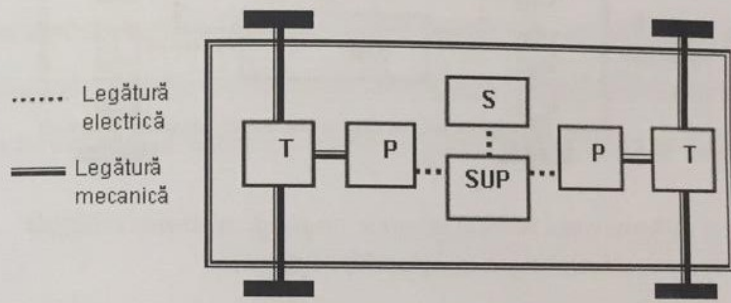


Fig. 4.3. Schema unui vehicul electric cu punți motoare multiple.

natura și starea suprafeței căii de rulare, poziția în curbă etc. Soluția are marele avantaj al unui comportament dinamic foarte bun al vehiculului în situații foarte dificile de exploatare și este net superioară soluțiilor mecanice de echilibrare a forței de tracțiune pe punți.

e. Soluția cu punți motoare multiple, cu acționare independentă a roților se prezintă în Fig. 4.4. Această soluție reprezintă o combinație a celor două soluții anterioare. Ea are avantajul lipsei diferențialelor în

condițiile acționării independente a roților, ceea ce duce la o capacitate mai mare de trecere și este foarte interesantă mai ales pentru vehiculele militare grele. Întreaga funcționare a structurii este coordonată de supervisor, ale cărui funcții sunt, de data aceasta, destul de multe și complexe și necesită algoritmi evoluți. Supervisorul are nevoie de un procesor performant, cu viteză mare și resurse multe.

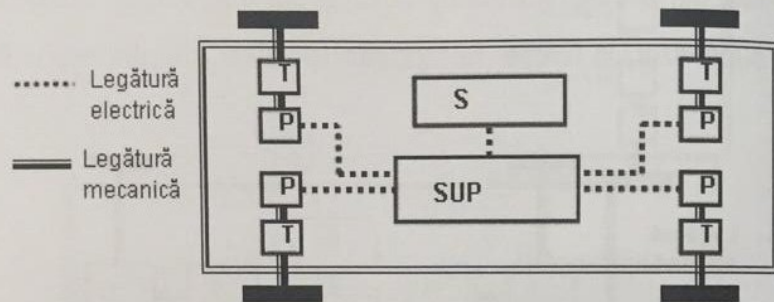


Fig. 4.4. Schema unui vehicul electric cu punți motoare multiple și acționare independentă pe roți.

Ca o concluzie la cele prezentate se poate spune că vehiculul electric:

- reprezintă o soluție de vehicul mult mai flexibilă;
- pe lângă un șasiu și o caroserie realizate pe principii identice cu vehiculele clasice cu motoare termice, există câteva elemente componente specifice și anume:
  - sursele de energie (S)
  - sistemul de propulsie (P)
  - transmisia (T).

Aceste elemente se vor analiza în cele ce urmează.

## 4.2. FĂRĂ PETROL. DAR CE PUNEM ÎN LOC?

### SURSE DE ENERGIE ELECTRICĂ (S)

Sursele de energie electrică utilizabile pentru un vehicul electric sunt de natura chimică. În general, ele se clasifică în două categorii: surse electrochimice (pile electrice) și pile de combustie.

#### Pilele electrice

Acestea reprezintă asocieri de materiale care, electrochimic, sunt foarte diferite. În urma acestei asocieri, apare o tensiune electromotoare. În general, aceste combinații cuprind două materiale principale, numite electrozi, și un material de legătură numit electrolit, ca în Fig. 4.5. Electrocul pozitiv, numit anod se notează cu A, iar cel

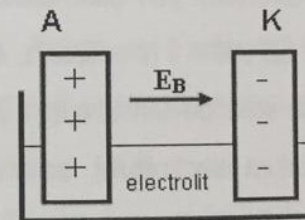


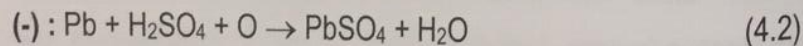
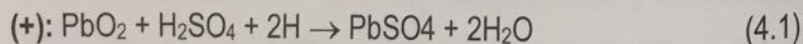
Fig. 4.5. Schema unei pile electrice.

negativ, numit catod, cu K. Între cei doi electrozi, apare tensiunea electromotoare  $E_B$ . În general, tensiunea electromotoare depinde de natura elementelor și foarte puțin de cantitatea lor. Ea este foarte mică (câțiva volți), astfel încât pentru utilizare trebuie legate mai multe elemente identice în serie, formând baterii de pile. În extenso însă, de

cele mai multe ori, se folosește denumirea de baterie în loc de pilă electrică. Pilele pot fi nereversibile sau reversibile, respectiv baterii de ordinul I și de ordinul II. În primul caz, dacă din pilă se scoate curent, în ea au loc reacții chimice care consumă substanțele inițiale și par noi compuși care încep să blocheze funcționarea pilei. În acest fel, se spune că pila se consumă. La pilele nereversibile, reacțiile chimice sunt nereversibile, astfel încât, după consumare, pila se înlocuiește. Exemple de pile nereversibile sunt elementele galvanice Volta (cupru-zinc cu acid sulfuric drept electrolit) cu  $E_B=1,2V$  și Leclanche (carbon-zinc cu electrolit format din clorură de amoniu), cu  $E_B=1,5V$ , ultimul foarte utilizat la aparate electrocasnice, lanterne etc.

Pilele reversibile (sau acumulatorii) sunt caracterizate prin faptul că reacțiile chimice sunt reversibile. Sensul acestor reacții depinde de sensul de circulație al curentului prin pilă. Când pila se descarcă, curentul iese pe la anod. Ea poate fi reîncărcată, dacă prin alimentare de la o sursă exterioară se schimbă sensul curentului, adică să intre pe la anod. În funcție de natura electrolitului, acumulatorii se împart în acumulatori acizi sau alcalini.

**a) Acumulatorul acid cu plumb** este cel mai utilizat acumulator, mai ales în lumea automobilelor. El are la electrodul pozitiv oxid de plumb ( $PbO_2$ ), la cel negativ plumb ( $Pb$ ), iar ca electrolit o soluție de acid sulfuric ( $H_2SO_4$ ). La descărcare, reacțiile la cei doi electrozi sunt:



La încărcare, reacțiile vor fi în sens invers. Cei doi atomi de hidrogen ce apar în partea stângă în relația (4.1) nu provin dintr-o moleculă de hidrogen, căci nu participă gaz la reacție și la fel oxigenul din relația (4.2). Acești atomi provin de fapt dintr-o moleculă de apă. În concluzie, se poate spune că la descărcare:

- masa activă pozitivă reacționează cu electrolitul, consumând acid și apă și rezultă sulfat de plumb și mai multă apă
- masa activă negativă reacționează și ea cu electrolitul, consumând acid și apă și rezultă același sulfat de plumb și mai multă apă
- electrolitul nu este doar purtător de sarcini electrice, ca la alte acumuloare, ci participă la reacții. La descărcare, se consumă acid și rezultă apă. Deoarece densitatea acidului este mai mare ca a apei, la descărcare densitatea electrolitului scade și măsurarea densității reprezintă principalul mijloc pentru estimarea gradului de încărcare al acumulatorului.

Sulfatul de plumb se depune în jurul electrozilor și împiedică circulația electrolitului, ducând la creșterea rezistenței interne și deci la scăderea curentului maxim al acumulatorului. De aceea, o dată cu descărcarea, performanțele scad.

Acumulatorul cu plumb are  $E_B=2V$  (destul de mare), are putere mare și preț relativ scăzut.

b) **Acumulatorile alcaline** sunt de foarte multe tipuri, utilizate de la aparate și scule portabile până la telefoane mobile și vehicule electrice. Acumulatorul clasic era cel cu nichel-cadmiu, cu  $E_B=1,2V$ . La ora actuală, încep să se folosească masiv acumulatorii nichel-hidrură metalică (Ni-MH) și cei litiu-ion.

### b.1. Bateriile Ni-M-H

Bateriile sunt caracterizate de densitate mare de energie, dar mai ales de putere mare atât la descarcare, cât și la încărcare, fiind utile atât vehiculelor electrice, cât mai ales vehiculelor electrice hibride. Bateriile sunt, de asemenea, rezistente la supraîncărcare și la supradescărcare. Principiul de funcționare se dă în Fig. 4.6. Bateria are un electrod pozitiv din hidroxid de nichel,  $Ni(OH)_2$  și un electrod

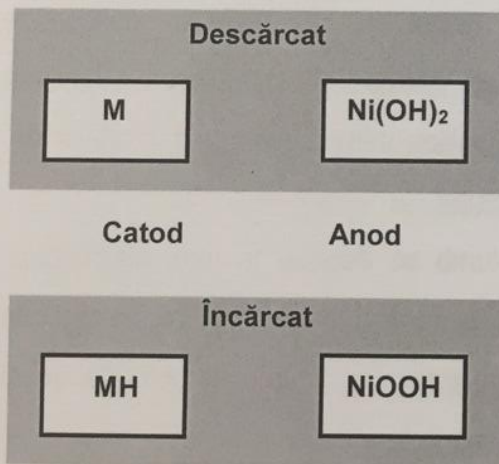


Fig.4.6. Principiul de funcționare al bateriilor Ni-M-H.

negativ format din hidrură metalică. Aceasta reprezintă, de fapt, o combinație de aliaje poroase pe bază de vanadiu, titan, zirconiu și

nichel, cu proprietatea că absorb hidrogen (ca un burete) la o densitate comparabilă cu hidrogenul lichefiat, fără a funcționa însă la temperaturi foarte scăzute. La încărcare, hidrogenul migrează de la plus (hidroxid de nichel) către hidrura metalică, modificând valența nichelului și absorbind energie electrică. La descărcare, traseul este invers. În concluzie, se poate spune că, de fapt, funcționarea este reprezentată în principal de transferul hidrogenului între electrozi, fără ca electrolitul să ia parte la reacție.

Constructiv, bateria se aseamănă cu cele cu plumb, având un pachet de plăci, imersate în electrolitul alcalin și capsulate într-un bac de plastic. Plăcile sunt puse alternativ în pachet, izolate prin separatori, dar conectate electric în paralel. La exterior, ies o bornă pozitivă și una negativă. La supraîncărcare, la anod se dezvoltă oxigen, care însă se poate recombina cu hidrogenul generat la catod. La valori rezonabile ale supraîncărcării, rata generării este egală cu cea a recombinației, încât bateria nu dă gaze în exterior. La supradescărcare, se produce la anod hidrogen, care poate fi recombinat. În cazul unei supraîncărcări excesive, se dezvoltă totuși gaze care se evacuează printr-o supapă de siguranță.

### b.2. Bateriile cu litiu

Mai cunoscute sunt variantele litiu-ion și litiu-polimer. Cu toate că prima variantă s-a dezvoltat extensiv în alimentarea aparatelor electrocasnice (laptopuri, camere video, telefoane mobile etc.),

construcția trebuie modificată radical pentru exploatare auto. Principiul său de funcționare se prezintă în Fig. 4.7.

Ambii electrozi sunt făcuți din compuneri poroase, care acceptă ionii de litiu fără modificări structurale. La încărcare, ionii de litiu merg către catod, lăsând la anod electroni care ies către încărcător. La descărcare, ionii pozitivi de litiu merg la anod, lăsând electronii la anod. În principiu, bateria funcționează prin circulația ionilor de litiu care trec prin electrolitul alcalin.

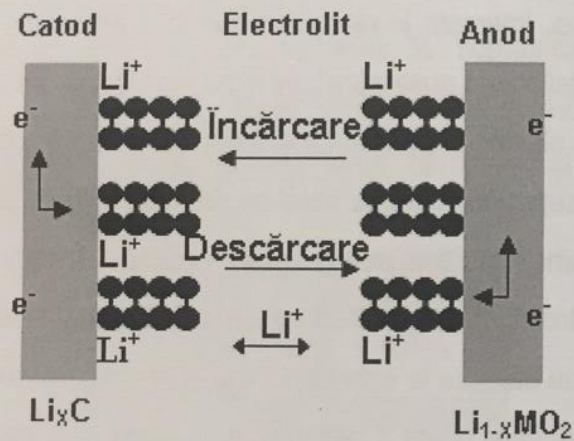


Fig. 4.7. Bateria litiu-ion.

Bateria litiu-polimer are electrozii și electrolitul solizi, sub forma unor foițe, inclusiv o foiță de litiu la catod. Bateria pare a avea cele mai promițătoare șanse, dar are încă multe probleme legate de faptul că membrana polimerică trebuie să fie foarte fină și trebuie încălzită la  $70^{\circ}C$ . De asemenea, electrodul de litiu este fragil și se degradează repede.

În general, bateriile cu litiu nu acceptă un grad mare de supraîncărcare, de aceea încărcarea lor trebuie foarte bine controlată.

### c. Parametrii acumulatorilor

Un parametru foarte important pentru pilele electrice este capacitatea, care poate fi definită atât la încărcare, cât și la descărcare. Capacitatea la descărcare reprezintă produsul dintre curentul de descărcare și timpul cât acumulatorul inițial încărcat complet poate ține acel curent, fără ca tensiunea la borne să scadă apreciabil. Capacitatea se măsoară în [Ah]. Un alt parametru important este curentul maxim. El reprezintă curentul maxim pe care un acumulator încărcat poate să îl dea un timp stabilit, fără ca tensiunea la borne să scadă sub o valoare stabilită, la o temperatură stabilită. Aceste valori stabilite pot varia funcție de norma după care se face încercarea, (DIN - Deutsche Industrie Normen, SAE - Society of Automotive Engineers - SUA sau CEI-Commission Electrotechnique Internationale - Europa), astfel încât și parametrii declarați să difere pentru același tip de baterie. Curentul maxim la descărcare este mult mai mare decât cel la încărcare.

Pentru vehiculele electrice, acumulatorii reprezintă în acest moment principala sursă de energie. Ele au însă capacitatea foarte mică în raport cu densitatea de energie a combustibililor fosili (benzină, motorină, gaze lichefiate) și de aceea, reprezintă în acest moment principalul obstacol în calea răspândirii vehiculelor electrice. Alte puncte slabe ale acumulatorilor sunt: prețul relativ mare, durata redusă

de viață (în general, sub 1000 cicluri încărcare/descărcare, adică cel mult 2+3 ani de funcționare), timpul foarte mare de încărcare (cel puțin 3 ore în comparație cu timpul de alimentare cu benzină, care e de câteva minute), necesitatea unei infrastructuri destul de complicate și scumpe, necesitatea reciclării.

### Pila de combustie

Cea mai promițătoare sursă de energie electrică pentru vehiculele electrice o constituie însă pilele de combustie. Pila de combustie realizează o transformare directă a hidrogenului (combustibil) și oxigenului (din aer) în electricitate, căldură și apă, fără alte faze intermediare.

Dintre pilele de combustie, două tipuri sunt mai promițătoare: PEM (Proton Exchange Membrane - cu membrană de schimb de protoni) și SOFC (Solid Oxide Fuel Cell - pilă de combustie cu oxid solid). Între ele, diferența esențială este temperatura de operare: 80°C pentru prima și 700-1000°C pentru a doua. De aceea, a doua variantă se utilizează mai mult în aplicații staționare (electricitate menajeră, iluminat etc.), asociată cu un formator de hidrogen, ce funcționează și el la temperaturi mari, pe când prima variantă este mai apropiată de necesitățile vehiculelor electrice.

Structura unei pile PEM se dă în Fig. 4.8. O membrană polimerică se dispune între doi electrozi. Electrozii sunt poroși, realizați de obicei din carbon și sunt căptușiți la interior de un catalizator din familia

platinei. De o parte a celulei, se găsește hidrogenul, care este combustibilul.

Moleculile de hidrogen sunt activate de catalizator și descompuse în electroni negativi și protoni pozitivi. Membrana este permeabilă pentru protonii care trec către catod. Aici, ei se recombina

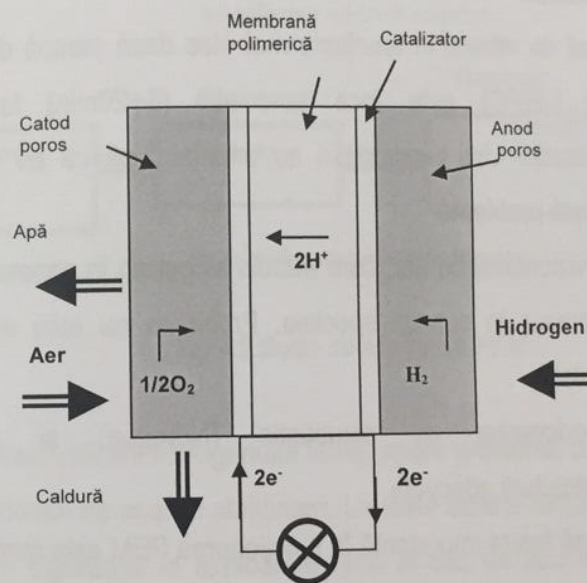


Fig. 4.8. Pila de combustie.

cu ionii negativi de oxigen obținuți de catalizatorul catodic prin descompunerea moleculelor de oxigen din aer. Prin combinarea protonilor cu ionii de oxigen rezultă apă și căldură. În schimb, electronii nu pot trece prin membrană și ies afară generând curent electric. Ei sunt absorbiți de catod după ce au trecut prin sarcină.

Deci, în principiu pila de combustie consumă hidrogen și dă electricitate.

Aceasta acționează motoarele electrice prin intermediul variatorului de turație. Pila are performanțe adecvate tracțiunii electrice: tensiune și putere suficiente. Există însă și probleme care mai trebuie rezolvate, printre care:

- costul ridicat și utilizarea unor materiale deficitare
- fiabilitatea
- timpul de intrare în funcțiune mai ales dacă pleacă din stare rece ( $-20^{\circ}\text{C}$ ) este încă apreciabil ( $6+20\text{min}$ ) la unele construcții. Unii producători au anunțat însă că au rezolvat această problemă
- aprovizionarea cu aer, care trebuie asigurată în general de un compresor în condiții speciale. Problema nu este rezolvată complet
- aprovizionarea cu combustie (hidrogen) și crearea infrastructurii adecvate.

O problemă foarte importantă în funcționarea PEM este modul cum se fac alimentarea cu hidrogen și modul de stocare. Până acum, s-au avut în vedere mai multe soluții ale acestuia (Fig. 4.9):

**a) Utilizarea unor rezervoare de hidrogen îmbarcate.** Pentru a stoca suficient hidrogen, el trebuie presurizat sau adus criogenic în stare lichidă. În primul caz, trebuie folosite butelii care să reziste la presiunea cerută (între  $25+40\text{ Mpa}$  sau chiar mai mult). Pe de altă parte, hidrogenul este permeabil prin multe metale, încât trebuie folosite rezervoare de oțel inox, căptușite cu materiale impermeabile la hidrogen.

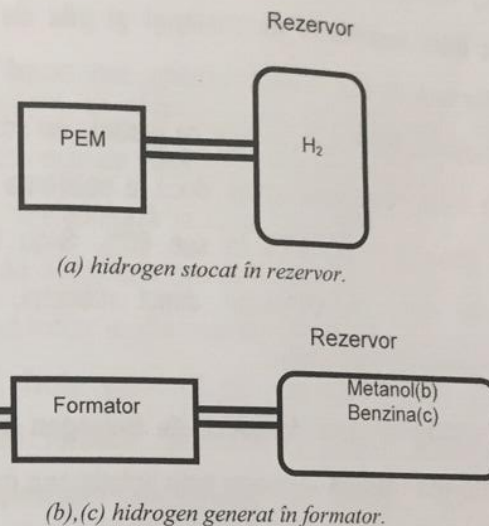


Fig.4.9.Surse de alimentare PEM.

În cazul utilizării hidrogenului lichid, apare problema izolării termice și a pierderilor ce apar în staționare. La toate aceste lucruri, se adaugă problema siguranței în exploatare, atât în caz de accident, cât și la manipularea și transportul la stațiile de alimentare. Majoritatea constructorilor anunță că au rezolvat problema siguranței la impact. Și, în sfârșit, o altă problemă este crearea unei infrastructuri (stații de alimentare), care să poată face realimentarea cu hidrogen în condiții de siguranță. În sfârșit, apare problema producerii hidrogenului. În prezent, el se produce la preț scăzut din gaz metan, dar aceasta nu rezolvă problema combustibililor fosili. De aceea trebuie avute în vedere în viitor surse alternative.

b) **Utilizarea metanolului și a unui formator de hidrogen, plasat între rezervorul de metanol și pila de combustie.** Acest formator este, de fapt, o mică rafinărie, care ocupă loc, funcționează la temperatură ridicată (câteva sute de grade), nu scoate hidrogen pur și elimină noxe. Hidrogenul impur duce la scăderea randamentului pilei de la aproximativ 80-85% la sub 60%. S-au încercat și pile de combustie care să consume direct metanol, dar, deocamdată, performanțele lor sunt slabe.

c) **Utilizarea unui formator de hidrogen asociat cu benzină sau motorina clasică.** Aceasta este soluția cea mai comodă, care ar permite utilizarea infrastructurii existente, cu toate că benzina folosită trebuie să fie de altă calitate. Hidrogenul obținut este mai impur, randamentul mai mic, iar emisiile poluante sunt considerabile, cuprinzând CO<sub>2</sub>, CO, precum și alte componente. Un pericol la această soluție este prezența sulfurii, care otrăvește catalizatorii din pilă. Aceasta este soluția cea mai puțin performantă și nu pare a fi varianta definitivă.

Această soluție cu utilizarea unui formator are însă și avantajul că permite utilizarea unor combustibili primari de diferite feluri, în funcție de disponibilitatea lor geografică, de exemplu: metanol în Brazilia, unde poate fi obținut ieftin din trestia de zahăr, benzină în zona Golfului, gaze naturale în Norvegia., etc.

### 4.3. SISTEMUL DE PROPULSIE (P)

Principalul element al sistemului de propulsie este motorul electric. Dar, deoarece este de putere destul de mare (cel puțin câteva zeci de kilowați) și funcționează la turații și sarcini foarte variabile, motorul trebuie să fie obligatoriu comandat de un variator de turație electronic. Ansamblul motor electric-variator de turație se mai numește *acționare electrică*. Noile generații de acționări permit, pe lângă comanda unei turații variabile, și multe alte funcții auxiliare, care îmbunătățesc considerabil funcționarea vehiculului, cum ar fi: posibilitatea de a avea un cuplu foarte mare la pornire și repriză, protecția electronică a motorului și variatorului, frânarea cu recuperare de energie, controlul încărcării/descărcării bateriei și altele.

#### Regimuri de tracțiune

Pentru a caracteriza comportarea unei acționări electrice, de cele mai multe ori se utilizează o diagramă cuplu-turație, iar curba care dă această legătură se cheamă *caracteristica mecanică* și va fi discutată ulterior. O primă analiză a acestei caracteristici arată însă că (vezi Fig.4.10.):

- dacă sistemul este în cadranul I, turația este pozitivă, deci sistemul merge înainte, iar cuplul dezvoltat este pozitiv, deci în sensul turației, deci sistemul este în regim de tracțiune

- dacă sistemul este în cadranul IV, turația este pozitivă, deci sistemul merge tot înainte, dar cuplul fiind negativ, de semn invers turației, regimul ansamblului este de frânare înainte
- dacă sistemul este în cadranul III, atât turația cât și cuplul au același semn, dar negativ, deci regimul este de tracțiune în spate
- dacă sistemul este în cadranul II, turația este negativă, deci mișcarea este în spate, iar cuplul este de semn invers turației, deci regimul este frânare în spate.

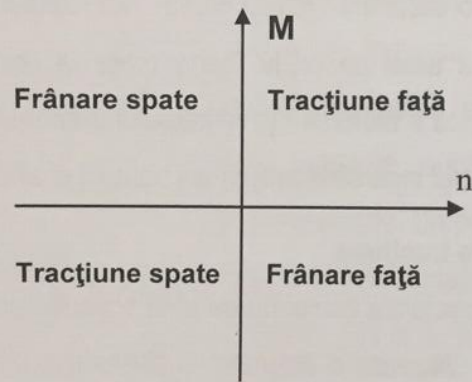


Fig.4.10. Regimuri de tracțiune.

Cele mai simple acționări electrice sunt cele de un cadran, care nu pot face decât tracțiune în față. Cele de două cadrane, de obicei fac tracțiune și frânare doar față sau doar spate. Există și acționări de două cadrane, care pot face tracțiune față și spate, dar nu pot frâna. Reversarea necesită oprirea prealabilă prin alte mijloace. Și, în fine,

cele mai complexe acționări sunt cele de patru cadrane, care pot face atât tracțiune, cât și frânare, atât în față, cât și în spate.

### Motoare electrice de tracțiune

Sunt oare motoarele electrice mai bune decât motoarele termice?

Pentru a răspunde la această întrebare, trebuie făcută o scurtă analiză comparativă.

#### Avantajele motoarelor electrice

a) *Caracteristica mecanică avantajoasă.* Analiza oricărei mașini motoare, indiferent că este un motor cu ardere internă, motor electric, motor hidraulic sau de altă natură, se face plecând de la așa-numitele "caracteristici mecanice", adică dependența dintre cuplul dezvoltat (M) și turație (n), respectiv putere (P) și turație. În Fig. 4.11., se prezintă comparativ caracteristicile mecanice pentru un motor electric comandat

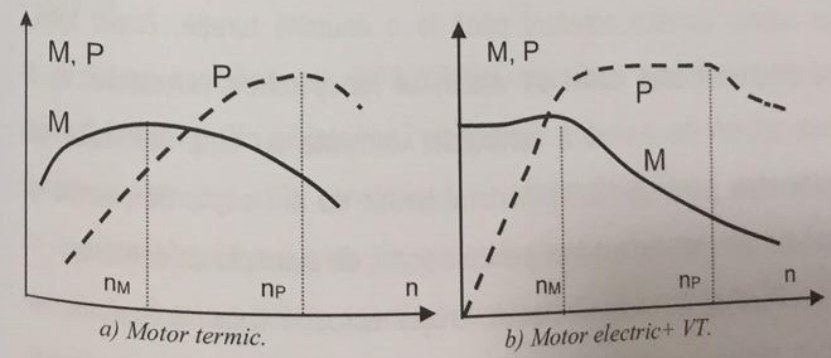


Fig. 4.11. Caracteristicile mecanice.

electronic și pentru un motor termic.

Trebuie subliniat că această caracteristică se obține la motorul electric doar dacă este alimentat de la un variator de turație electronic (VT), adică la tensiune (eventual frecvență) variabilă. Dacă motorul este alimentat la tensiune constantă, caracteristica mecanică se cheamă "naturală" și este mult mai dezavantajoasă. Pe de altă parte, indiferent de tipul motorului, alura caracteristicii este asemănătoare, chiar dacă anumite mărimi caracteristice se modifică. Graficul puterii nu aduce principial informații noi, deoarece între putere, cuplu și turație există relația:

$$P = \frac{\pi \cdot n}{30} \cdot M \quad (4.3)$$

dar, deoarece puterea este o mărime extrem de importantă în funcționarea ansamblului, se indică și ea.

Se constată că motorul electric are cuplul maxim chiar la pornire, iar acesta rămâne constant până la o anumită turație. Acest lucru permite eliminarea cutiei de viteze, iar funcționarea vehiculului va fi lină, asemănătoare cu a vehiculelor echipate cu cutii automate cu transmisie continuă (CVT). Motorul termic nu are cuplu de pornire și trebuie antrenat din exterior pentru a porni, de exemplu de demaror.

Puterea la motorul electric crește aproape liniar la început, iar apoi rămâne constantă, simultan cu diminuarea cuplului. La turații foarte mari, puterea începe să scadă. La motorul termic, variațiile sunt

foarte bruște, iar punctul de maxim este pe o zonă relativ îngustă. Pentru a adapta motorul termic la necesitățile de tracțiune ale vehiculului, trebuie utilizată o cutie de viteze, astfel încât la orice regim (turație), cuplul dezvoltat să fie aproape de cel maxim.

b) *Au randament mai mare.* De obicei, motoarele electrice au randamente peste 80% și, după cum se știe, randamentul crește cu puterea nominală. Chiar dacă randamentul variatorului de turație este și el în jur de 80%, randamentul global este mult mai mare decât la un motor termic, care este de cel mult 40%. Mai mult, motoarele electrice au randament ridicat pe o plajă mare a domeniului de funcționare, pe când la motorul termic depărtarea de punctul optim duce la scăderea pronunțată a performanțelor, inclusiv a randamentului precum și creșterea emisiilor.

c) *Au putere specifică mai mare.* Dacă motoarele termice moderne

au o putere specifică sub 0,736kW/Kg, motoarele electrice ajung la peste 0,8kW/Kg. Din păcate însă comparația trebuie dusă mai departe și anume trebuie luat în considerare și variatorul de turație, care este un auxiliar absolut necesar. În această situație, motorul electric cu variator ajunge la o putere specifică comparabilă cu a motorului termic. Ultimele generații de motoare electrice de curent alternativ, cum ar fi

cele cu magneti permanenți, au însă putere specifică mult mai mare, fără costuri excesive, ceea ce a dus la extinderea lor în tracțiune.

d) *Au turația maximă mai mare.* Un motor termic de serie are turația maximă în jur de  $6 \div 7.000$  rot/min, comparabilă cu a motoarelor de curent continuu. Motoarele de curent alternativ au în mod normal turații sensibil mai mari (alternatoarele auto au, de exemplu,  $15.000$  rot/min). De obicei la un motor, cuplul dezvoltat dă volumul mașinii și masa acesteia, deoarece în funcție de forțele ce apar în mașină, piesele componente se fac mai mari și mai robuste sau mai mici. La același cuplu maxim, două mașini de același tip au mase comparabile, dar ținând cont de relația (4.3), cea cu turație maximă mai mare va avea putere mai mare. Acest lucru este evident la mașinile de curse, unde masa totală este un element critic ce limitează accelerațiile. Pentru a avea motoare puternice și ușoare, puterea se crește din turație, aceasta ajungând frecvent la  $18 \div 20.000$  rot/min. "Prețul" plătit îl constituie însă costul ridicat și durata de viață scurtă, datorită uzurilor mari. În concluzie, creșterea turației maxime la motoarele electrice de curent alternativ a dus implicit și la creșterea puterii specifice, cum s-a arătat la punctul anterior.

e) *Permit frânarea cu recuperare de energie.* Mașina electrică trece din regim motor în regim de generator și transformă energia cinetică a vehiculului în energie electrică ce poate reîncărca bateriile. Frânarea electrică nu este însă foarte performantă. Pe de o parte,

puterea la frânare trebuie să fie mult mai mare decât puterea la tracțiune, depășind puterea motorului. De aceea frânele mecanice rămân necesare. Ca avantaj al frânării electrice, pe lângă economia de energie, este și micșorarea uzurii. Se micșorează însă uzura garniturilor de fricțiune și se mărește durata lor de viață. Pe de altă parte, energia electrică recuperată este invers proporțională cu turația, ceea ce face ca frânarea electrică recuperativă să fie eficientă, iar energia recuperată să fie semnificativă doar la viteze mari, de peste  $15 \div 20$  km/h. În medie, se poate recupera aproximativ un procentaj de 30% din energia cinetică a vehiculului, ceea ce mărește randamentul sistemului electric.

f) *Au comanda mai comodă și mai complexă.* În primul rând, varierea turației se face continuu, păstrând un punct de funcționare apropiat de optim. De asemenea, sistemul poate fi mult mai comod controlat. De exemplu, se poate controla permanent cuplul maxim pentru a nu produce efecte biologice neplăcute (la accelerații prea mari), poate fi controlat profilul cuplului maxim, astfel încât să se permită dezvoltarea pentru scurt timp a unui cuplu impulsional mai mare (cel puțin dublu) în perioadele de accelerare, poate fi corelat cuplul maxim cu temperatura motorului, a variatorului și a bateriilor, se poate controla regimul de încărcare al bateriilor la frânarea recuperativă etc. Mai mult, strategia de comandă se poate modifica comod, manual sau automat chiar în timpul funcționării.

Reprogramarea microcalculatorului de comandă poate schimba întreaga funcționare, prin autodiagnoză și multe alte facilități, cu costuri mult mai mici decât pentru vehiculele clasice cu motor termic.

g) *Sistemul are o dinamică mult mai bună.* Sistemele electrice au timpi de răspuns de ordinul milisecundelor, mult mai mici decât în cazul motoarelor termice. Mai mult, structura sistemelor electrice este mult mai bine cunoscută, măsurată și controlată decât structura motoarelor termice, facilitând funcționarea adaptivă. Din această cauză, chiar algoritmi de control sunt mai preciși și mai rapizi.

h) *Fiabilitate sporită.* Cele mai mari uzuri ale sistemului electric motor-variator de turație sunt în lagăre, ceea ce permite un timp mediu de bună funcționare (MTBF) de sute de mii de kilometri. Uzurile reduse, mai ales în sistemul electronic de comandă și capacitatea acestuia de a se autocompensa duc la lipsa reglajelor și la mărirea perioadelor între activitățile de întreținere, cu diminuarea corespunzătoare a cheltuielilor. Singurul element ce necesită o înlocuire periodică este bateria de acumulatori.

### **Dezavantajele motoarelor electrice**

Din punct de vedere tehnic, nu se poate spune că ar exista dezavantaje la motoarele electrice. Singura problemă este costul. La

motoarele electrice performante însoțite de variatoare de turație, acesta poate fi ușor mai mare decât la motoarele termice. În ultima vreme însă, din considerente de poluare și economicitate, motoarele termice au început să fie echipate cu sisteme electronice de control, care au făcut ca prețurile pentru motoarele electrice să devină competitive. Din punct de vedere al vehiculului electric în ansamblu, există însă o problemă, și anume bateriile. Acestea sunt un adevărat "călcai al lui Ahile", care măresc costurile, scad autonomia, necesită înlocuire periodică, cresc timpul de alimentare. La aplicațiile cu linie de contact (trenuri, troleibuze, metrou etc), soluția de tracțiune electrică este net superioară și s-a generalizat în Europa și Japonia. În SUA, costurile mai mari ale infrastructurii și prețul scăzut al combustibilului fosil au menținut tracțiunea cu motoare termice în actualitate. Și aici, se constată însă o mișcare de trecere la tracțiunea electrică.

### **Variatoare de turație electronice**

Pentru ca un motor electric să funcționeze cu turație variabilă, trebuie modificate în permanență tensiunea și implicit curentul motorului, ca în schema din Fig. 4.12.a. Dacă tensiunea rămâne constantă, turația este și ea aproape constantă, ca în Fig. 4.12.b. Acest lucru se întâmplă la majoritatea motoarelor de curent continuu de pe automobil, sau în alte aplicații simple cu motoare de curent alternativ: pompe, ventilatoare, bunuri electrocasnice etc.

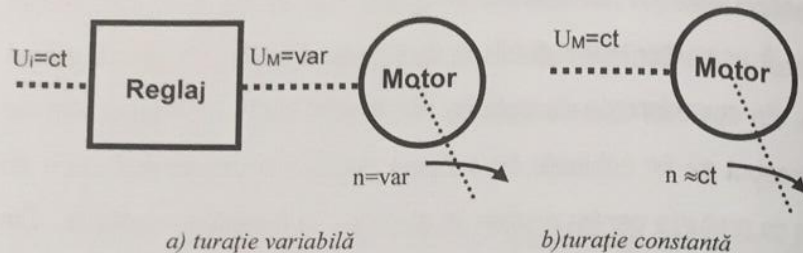


Fig. 4.12. Moduri de alimentare motor.

Până la introducerea sistemelor de reglaj electronice, majoritatea aplicațiilor cu turație reglabilă erau cu motoare de curent continuu. Se mai utilizau câteodată motoare asincrone cu rotor bobinat și motoare cu mai multe trepte de turație, realizate prin schimbarea numărului de perechi de poli sau alte soluții mai sofisticate, deci mai scumpe și mai puțin fiabile. În privința motoarelor de curent continuu, reglajul turației se făcea prin utilizarea unor rezistențe variabile, comandate manual sau prin relee electromagnetice.

Pentru exemplificare, se consideră în Fig. 4.13 un motor de curent continuu alimentat de la o tensiune de intrare constantă,  $U_i = ct$ , luată de exemplu de la o linie de contact, ca în cazul unui tramvai. Dacă se dorește o turație variabilă,  $n$ , ea se obține prin intermediul unui sistem de reglaj format din reostatul  $R$ . Dacă sarcina tramvaiului este constantă, curentul absorbit,  $I$ , este constant, iar căderea de tensiune pe elementul de reglaj este dependentă de valoarea variabilă a rezistenței reostatului, conform legii lui Ohm:

$$U_R = R \cdot I$$

(4.4)

iar tensiunea care mai ajunge la motor va fi variabilă:

$$U_M = U_i - U_R$$

(4.5)

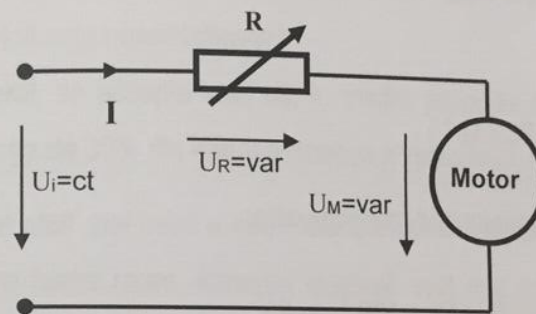


Fig. 4.13. Schemă de principiu de alimentare variabilă cu rezistență.

### De ce sunt mai performante acționările electronice decât cele electromecanice?

Răspunsul la această întrebare demonstrează progresele tehnologice înregistrate în ultimele trei decade. Să luăm spre comparație, ca exemplu tipic, un troleibuz clasic cu reglaj electromecanic (rezistențe cuplate și decuplate prin contactoare electrice) și unul modern, cu variator de turație electronic. Ambele vehicule electrice circulă în prezent prin București, în rețeaua RATB.

Printre avantajele variatorului electronic, se pot menționa:

1) *randament mult mai mare.* Randamentul de reglaj al variatorului este de peste 85% și se păstrează relativ constant în toată gama de turații. În ce privește reglajul clasic, schema acestuia este cea din Fig.4.13. În acest caz, puterea utilă ( $P_u$ ) este cea trimisă motorului, iar cea consumată ( $P_c$ ) este cea luată din rețea:

$$P_u = U_M * I \quad (4.6)$$

$$P_c = U_i * I$$

astfel încât randamentul reglajului este:

$$\eta = 100 * P_u / P_c = 100 * U_M / U_i \quad (4.7)$$

La tensiunea nominală, vehiculul atinge viteza nominală, de exemplu 100 km/h. De obicei, condițiile de trafic urban nu permit funcționarea în acest regim, ci la o viteză medie mult mai mică, de exemplu 30 km/h. Ca atare, tensiunea medie pe motor scade în acest raport, iar randamentul reglajului devine:

$$\eta = 30/100 * 100 = 30\% \quad (4.8)$$

2) *posibilitatea frânării cu recuperare de energie.* În cazul frânării, motorul electric se poate trece în regim de generator, iar energia cinetică a vehiculului se transformă în energie electrică transmisă

înapoi în rețeaua electrică de alimentare. Din păcate, acest procedeu are câteva limitări:

- puterea motorului de tracțiune este net inferioară puterii necesare la frânare. Ca atare, frânarea este pur electrică doar în cazul frânelor ușoare. În cazul frânelor puternice, intervine și sistemul mecanic de frânare
- cuplul de frânare electric este mare, iar frânarea este eficientă doar la turații mari ale motorului. La turații mici, frânarea electrică este nesemnificativă.

În general, se acceptă ideea că, în medie, se poate recupera cel mult o proporție de 30% din energia cinetică a vehiculului.

3) *uzura mult mai mică a sistemului de frânare clasic.* Chiar dacă nu are putere foarte mare, frânarea electrică este cea mai frecventă, încât uzura sistemului clasic de frânare, și mai ales, a garniturilor de frânare este mult mai redusă, iar durata de viață mult mai mare. Aceasta înseamnă economie de bani, nu doar prin costul garniturilor de frânare, ci și prin costul operației de service și a timpului de imobilizare a vehiculului. Suplimentar, frânarea electrică poate fi optimizată în cazul acționării independente a punților. De exemplu, se poate ajusta cuplul de frânare față/spate, în funcție de încărcarea pe punți micșorând uzura frânelor, dar și măbind stabilitatea vehiculului.

4) *masă și volum mai mici.* Rezistențele de reglaj au volum mare și degajă căldură. Ele sunt dispuse de multe ori pe acoperiș. Contactoarele de comandă sunt dispuse la interior, dar au și ele volum

mare, pot crea probleme de electrosecuritate și sunt zgomotoase. La sistemele electronice, volumul variatorului este mult mai mic.

5) *fiabilitate mai mare.* Sistemele electromecanice presupun comutarea permanentă a unor rezistențe prin care trec curenți mari. La deconectarea unui astfel de curent, apare un arc electric care duce la uzura sistemului de reglaj (contactor). Sistemele electronice nu au arc electric încât uzura este mult mai mică. Sistemele electronice au însă o structură complexă cu multe elemente electronice. Acest lucru a creat inițial și o fiabilitate scăzută. În prezent însă, noile tehnologii cum ar fi circuitele integrate pe scală largă (SI), componentele cu montaj pe suprafață (SMD), etc., conduc la o fiabilitate foarte bună, încât, în ansamblu fiabilitatea sistemului a crescut considerabil. Unele firme chiar declară că durata de viață a variatorului este egală cu cea a vehiculului.

6) *calitate mult mai bună a reglajului.* Pe de o parte, reglajul turației este continuu, astfel încât confortul pasagerilor este mai bun. Pe de altă parte, reglajul este mai complex, realizându-se controlul cuplului și accelerației dezvoltate, permițând un mers mai lin, dar păstrând puterea vehiculului la turație mare sau pantă. Se permite, totodată, protecția motorului și a variatorului, măbind fiabilitatea sistemului.

Printre dezavantajele sistemelor electronice sunt:

1) *preț inițial mai mare.* Sistemul electronic este mult mai complex, folosind și componente mai scumpe, încât costul general este mai mare. Acest lucru se compensează însă prin costurile de exploatare mult mai reduse. În exemplul anterior referitor la troleibuze, prețul orientativ pentru troleibuzul cu reglaj electronic,  $p_{electr} = 300.000$  RON, în condițiile în care modelul reglat electronic este nou și are o dotare superioară modelelor clasice. Dacă se consideră puterea medie a vehiculului  $P_m = 100kW$  și o funcționare zilnică de  $t_{zi} = 15$  ore rezultă, o energie consumată zilnic în cele două cazuri:

$$W_{rezistiv} = t_{zi} * P_m / \eta_{rezistiv} = 15h * 100kW / 0,3 = 5.000 kWh \quad (4.9)$$

$$W_{electronic} = t_{zi} * P_m / \eta_{electronic} = 15h * 100kW / 0,85 = 1.765 kWh \quad (4.10)$$

Dacă se consideră costul energiei electrice de  $c=25$  bani/kWh, rezultă o economie zilnică (e.z.):

$$e.z. = (W_{rezistiv} - W_{electronic}) * c = (5000 - 1765) * 0,25 = 8.087,50 \text{RONi/zi} \quad (4.11)$$

adică o amortizare a troleibuzului nou, condus electronic, în

$$N = p_{electr} / e.z. = 3.000.000.000 / 8.087.500 = 371 \text{zile} \quad (4.12)$$

*Rezultă un avantaj economic major prin utilizarea sistemelor electronice de acționare, mai ales în condițiile actuale ale creșterii prețului energiei.*

2) *deformarea tensiunii.* Reglajul cu variatoare de turație este un reglaj în comutație, caracterizat și prin faptul că induce o deformare a curenților și tensiunii, prin introducerea unui puternic conținut de armonici majore. Acest lucru, pe de o parte încălzește suplimentar

motorul electric și duce la o diminuare a randamentului în jur de 5%. De asemenea, aceste armonici se propagă și în rețeaua de alimentare și pot crea probleme dacă nu sunt controlate. Pentru a limita armonicile generate, sistemele electronice cu reglaj în comutație sunt echipate cu filtre formate din bobine și condensatoare, care scumpesc prețul, cresc gabaritul și provoacă zgomot. Ultimele construcții de variatoare au rezolvat însă problema zgomotului și a dimensiunilor de gabarit.

3) *complexitate în depanare.* Sistemele electronice sunt foarte complexe. În caz de defectare, depanarea lor este foarte dificilă. Din fericire, fiabilitatea lor este foarte bună, încât rata de defectare este scăzută. Pentru ușurarea depanării s-au conceput sisteme de testare conduse cu calculator, iar depanarea se face de obicei în centre specializate.

**CONCLUZIE.** *Ca și la vehiculele clasice, introducerea controlului electronic a devenit o necesitate, iar creșterea complexității și a prețului inițial a fost compensată de creșterea performanțelor, a siguranței și a confortului, precum și de scăderea costurilor de exploatare.*

### Cum arată un variator de turație?

Variatorul de turație este un echipament electronic conceput special pentru reglarea turației unui motor electric. El are o structură destul de complexă, care depinde foarte mult de natura motorului de antrenat, de sursa de energie electrică disponibilă, de aplicația pe care se pune motorul electric. Pentru exemplificare, în Tab. 4.1, se prezintă

variatoarele de turație în funcție de natura motorului electric și a sursei de alimentare (curent continuu-CC sau curent alternativ-CA).

Tab. 4.1. Tipuri de variatoare de turație.

Sursa alimentare	Tip motor electric	Variator de turație (română)	Variator de turație (engleză)	Variator de turație (franceză)
CC	CC	Chopper	Chopper	Hacheur
CC	CA	Invertor	Inverter	Ondouleur
CA	CC	Redresor	Rectifier	Redresseur
CA	CA	Convertizor	Converter	Convertisseur

În primul caz, sursa este în curent continuu, cum este cazul bateriilor la automobilele electrice sau linia de alimentare pentru troleibuze sau tramvaie, iar motorul este de curent continuu, variatorul se cheamă chopper, împrumutat din limba engleză. În cazul al doilea, sursa este tot de curent continuu, motorul este de curent alternativ și variatorul se numește invertor, cum este cazul pentru vehiculele electrice prezentate anterior, dar echipate cu motoare de curent alternativ. Dacă sursa de alimentare este alternativă, iar motorul de curent continuu, variatorul este un redresor, cum este cazul locomotivelor electrice existente în acest moment la CFR, fabricate la Electroputere sub licență ASEA (Suedia) în anii 60. Și, în sfârșit, dacă și sursa, și motorul sunt alternative, variatorul se cheamă convertizor,

cum este cazul morilor de ciment alimentate cu motoare sincrone de puteri foarte mari (megawați) și turații foarte mici (câteva rotații pe minut).

Indiferent însă de tipul variatorului, el este compus din două categorii de elemente: *partea de forță* și *partea de comandă*, ca în Fig.4.14.

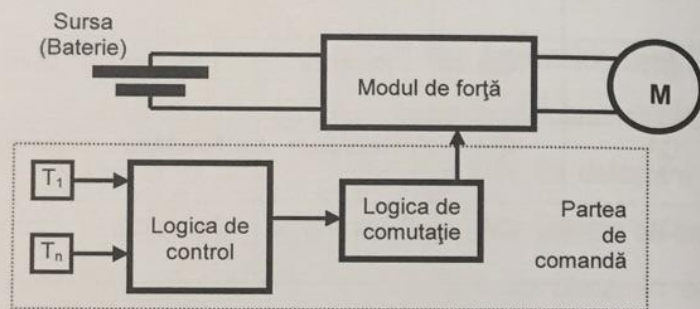


Fig.4.14. Schema de organizare a unui variator.

Prima categorie cuprinde elemente electronice de putere care pot ajunge până la valori foarte mari, cu tensiuni de mii de volți și curenți de mii de amperi. Această parte face legătura între sursa de alimentare și motor.

Partea de comandă utilizează componente electronice de putere foarte mică (până la 30V și 0,1A), dar implementează toată logica de funcționare. Pe de o parte, ea preia de la șofer valori impuse pentru regimul de lucru, prin intermediul butoanelor de pe tabloul de bord și al traductoarelor dispuse pe sistemele de comandă, (de exemplu traductorul de poziție a pedalei de accelerație sau a celei de frână). Pe de altă parte, preia informații despre starea sistemului, cum ar fi:

curenții ce trec prin motor, poziția și turația rotorului, temperatura motorului, viteza vehiculului etc. Pe baza acestor elemente, partea de comandă sintetizează, în fiecare moment, comanda ce se dă părții de forță.

### Partea de forță a variatoarelor de turație

Toate schemele electronice de forță folosesc *comutatoare electronice de putere*. Acestea sunt componente electronice (diodi, tranzistoare, tiristoare etc.) prin care trec curenți de mii de amperi la tensiuni de mii de volți. Pentru a crește puterea variatorului, comutatoarele se pot monta în serie (crește tensiunea maximă) și paralel (crește curentul). La aceste puteri mari, toate schemele de variatoare folosesc componentele electronice în regim de comutație, asemănător unui comutator mecanic.

### Comutatoare electronice de putere.

Toate elementele electronice de putere funcționează în regim de comutație. Ele au doar două stări posibile închis și deschis. Pentru a exemplifica funcționarea unui comutator, se consideră montajul cel mai simplu: o sarcină simplă (un bec) este alimentat de la sursă printr-un comutator electronic, ca în Fig. 4.15.

Dacă se aplică legea a II-a a lui Kirchhof, notând  $U_A$ ,  $U_B$  și  $U_K$ , respectiv tensiunile de alimentare, pe bec și pe comutator,  $I$  curentul și  $R_B$  rezistența becului, rezultă relația :

$$U_A = U_B + U_K = I \cdot R_B + U_K \quad (4.13)$$

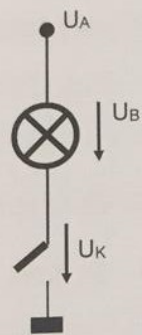


Fig.4.15. Exemplu.

a) Starea blocat este caracterizată de faptul că valoarea curentului prin comutator este zero. Comutatorul este echivalent cu un contact deschis. Dacă în relația (4.13) se pune condiția  $I=0$ , rezultă că în starea blocat, tensiunea pe comutator este maximă, și anume, egală cu tensiunea de alimentare,  $U_K = U_A$ . Însă, trebuie subliniat că, în regim tranzitoriu, când se trece din blocat în conducție și invers, pot să apară supratensiuni de scurtă durată cu valori apreciabile. Aceste supratensiuni pot chiar distruge comutatorul. Din această cauză, comutatoarele electronice au nevoie neapărat, în jurul lor, de elemente de protecție (diode, condensatoare, rezistențe).

b) Starea de conducție este caracterizată prin faptul că tensiunea pe comutator este aproape nulă. Este echivalentă cu un contact închis. În realitate, tensiunea pe comutatoarele electronice nu este nulă, ci este de  $1\div 2$  V, mai mare decât pe un contact închis (0,2V).

Principalii parametri care caracterizează un comutator electronic sunt notați diferit la diferite componente, dar, în principiu, ei sunt:

○ tensiunea maximă (de blocare) arată care este cea mai mare tensiune pe care o poate suporta comutatorul. Ea apare când acesta intră în blocare. Dacă se depășește, comutatorul se străpunge și, de obicei se distruge

○ curentul maxim (în conducție) arată care este valoarea maximă permanentă a curentului pe care îl suportă comutatorul în starea de conducție. Dacă se depășește, comutatorul se arde

○ frecvența maximă de lucru. Dacă această frecvență se depășește, comutatorul se încinge și se arde.

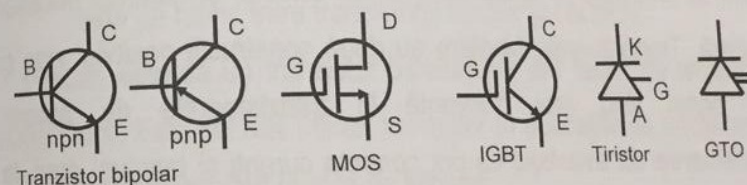


Fig. 4.16.

Principalele comutatoare sunt prezentate în continuare. Ele au simbolurile în Fig. 4.16 și principalii parametri în Tab. 4.2.

Tabel 4.2. Parametrii comutatoarelor

Tip	$I_{max}$ [A]	$U_{max}$ [V]	$f_{max}$ [Hz]	Aplicații
Tranzistor bipolar, IGBT	1000	2000	5k	Autoturisme electrice, microbuze
Tranzistor MOS	sute	1000	20k	Subansamble auto, convertoare de tensiune
Tiristor, GTO	>2000	>2000	<1k	Locomotive, rame metrou, mori ciment, stații electrice, băi electroliză

a) *Tranzistorul bipolar* este un dispozitiv cu trei terminale: emitor (E), colector (C) și bază (B). Curentul principal trece între colector și emitor în sensul săgeții. Controlul acestui curent se face prin curentul de comandă din bază. Se introduce noțiunea de factor de amplificare în curent ca fiind raportul dintre curentul de colector și curentul necesar din bază. Tranzistoarele bipolare au două construcții posibile: *npn* și *pnp*, prima fiind mai frecventă la tranzistoarele de putere. Tranzistoarele au avantajul că pot controla curenți și tensiuni mari, la frecvențe relativ mari. Comanda în bază este necesară în permanență. Au însă factor de amplificare mic (cel mult 100), încât, pentru comanda lor, plecând de la un circuit integrat, este nevoie de mai multe etaje intermediare de amplificare.

b) *Tranzistorul cu efect de câmp* (în engleză *FET - Field Effect Transistor*) are mai multe variante, dar cea mai cunoscută este cea MOS (metal-oxid-semiconductor). Are curenți și tensiuni mai mici decât

cel bipolar, iar căderea de tensiune la conducție este mai mare. Are însă niște avantaje:

- merge la frecvențe mai mari, chiar peste 20kHz, care depășesc spectrul audibil, rezultând variatoare silențioase;
  - se poate conecta ușor în paralel, permițând creșterea curentului maxim;
  - admite o densitate mare de integrare, încât aceasta este tehnologia preferată pentru majoritatea circuitelor integrate pe scară mare (LSI), cum ar fi microprocesoarele;
  - au factor de amplificare extrem de mare, iar interfațarea cu circuite integrate de comandă este simplă.
- c) *IGBT (Isolated Gate Bipolar Transistor - Tranzistor bipolar cu poartă izolată)* este un hibrid între tranzistorul bipolar și cel MOS.

Practic, este ca un tranzistor bipolar, dar are factor de amplificare foarte mare. Este cel mai utilizat tranzistor în aplicațiile de tracțiune. Se utilizează la puteri până la sute de kilowați.

d) *Tiristorul* este tot un dispozitiv cu trei terminale ca și cele anterioare. Curentul trece între anod (A) și catod (K) în sensul săgeții. Pentru a amorsa trecerea curentului, trebuie aplicat un impuls pe poartă (G). O dată amorsat, nu mai este nevoie de comandă pe poartă. Tiristorul nu se stinge decât dacă curentul prin el devine nul un timp dat. Are curenți și tensiuni de lucru foarte mari (cele mai mari), dar are frecvență mai mică decât tranzistoarele și necesită un circuit de stingere compus din al doilea tiristor, bobină și condensator. Este

folosit la cele mai mari puteri (zeci de megawați), inclusiv în tracțiunea electrică de putere foarte mare (locomotive).

e) Tiristorul cu stingere pe poartă (GTO - Gate Turn -Off) este un tiristor, care pe lângă poarta de amorsare, are și a doua poartă, folosită pentru stingere. Are, de obicei, curenți și tensiuni mai mici decât tiristorul obișnuit.

### Schema unui chopper de un cadran

În Fig. 4.17, se prezintă o schemă simplă de chopper de un cadran. Față de schema de principiu din Fig. 4.15, comutatorul  $K_2$  a fost înlocuit cu o diodă semiconductoră de putere. Logica de control

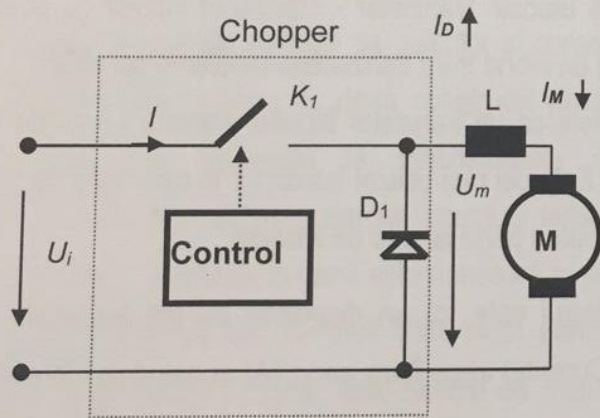


Fig.4.17. Chopper de un cadran.

comandă doar comutatorul  $K_1$ , care poate fi un tranzistor, tiristor etc. Inductivitatea  $L_1$  poate fi inductivitatea proprie a motorului, dar, de obicei, este o bobină suplimentară pusă special pe post de filtru de curent. Când  $K_1$  este închis, curentul luat de la sursă este egal cu cel

prin motor,  $I = I_M$ . Dioda este blocată,  $I_D = 0$ . Când  $K_1$  este blocat, nu se mai ia curent de la sursă,  $I = 0$ , dar curentul prin motor continuă să circule, impus de inductivitatea  $L$ .

Circulația se face prin dioda  $D_1$ , care se deschide. În acest fel, se descarcă energia magnetică acumulată în inductivitate, iar tensiunea pe motor este tensiunea pe o diodă în conducție ( $\sim 1V$ ), deci neglijabilă față de tensiunile cu care se lucrează. De aceea  $D_1$ , se mai numește "diodă de regim liber" și are rolul de a limita supratensiunile pe care comutarea inductivității  $L$  le-ar genera pe comutatorul  $K_1$ . Ea este specifică schemelor în comutație.

### Schema unui chopper de patru cadrane

Această schemă este prezentată în Fig. 4.18. Este o schemă de punte monofazată, cu 4 comutatoare,  $K_1 - K_4$ . În antiparalel cu acestea, se află diodele de regim liber  $D_1 - D_4$ . Tensiunea pe motor poate fi pozitivă și vehiculul merge în față (dacă comută comutatoarele  $K_1$  și  $K_4$ ) sau negativă și

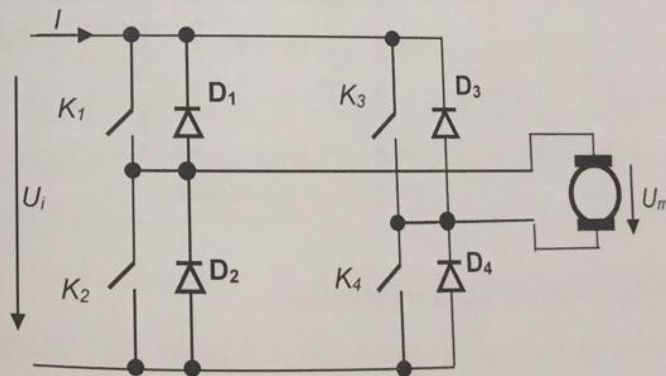


Figura 4.18. Chopper de patru cadrane.

vehiculul merge înapoi, dacă comută  $K_2$  și  $K_3$ . Curentul  $I$  este pozitiv la tracțiune și negativ la frânarea recuperativă.

### Invertor de patru cadrane.

În majoritatea cazurilor motorul de curent alternativ, fie că este sincron, fie asincron, este trifazat. Cum cel mai frecvent, sursa de energie este în curent continuu, variatorul de turație folosit este un invertor. Schema celui mai frecvent invertor de patru cadrane este dată în Fig. 4.19. Este o punte trifazată, care conține pe brațe câte un comutator și o diodă de regim liber, permițând circulația bidirecțională a curenților prin brațe. În acest fel, se poate face atât tracțiune, cât și frânare recuperativă, după cum se va arăta ulterior.

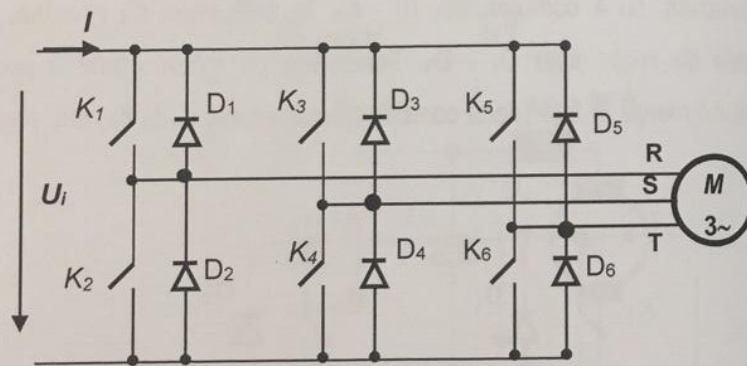


Fig.4.19. Invertor de 4 cadrane.

### Partea de comandă a variatoarelor

Partea de comandă a variatoarelor cuprinde toate elementele, majoritatea electronice, care asigură închiderea și deschiderea comutatoarelor din schema de forță, astfel încât funcționarea motorului să fie optimizată. Funcționarea sa se observă din schema bloc. Partea

de comandă conține cel puțin două structuri importante: *logica de control* și *logica de comutație*. Prima structură calculează pe baza datelor de la traductoare și a comenzilor primite de la șofer cât de mari trebuie să fie amplitudinea și eventual faza curenților sau tensiunilor ce se aplică motorului. A doua structură primește valorile impuse pentru amplitudine și, fază conform, unei strategii optime, generează comenzile de închidere și deschidere pentru comutatoare. Cele două blocuri se vor prezenta în continuare.

### Logica de control

În general, orice sistem a cărui performanțe se vor a fi optimizate, trebuie să dețină o strategie de control. Cele mai simple forme de control, folosite pe larg în industrie, sunt formele de control cu reacție negativă, a căror structură generică se indică în Fig. 4.20.

Se consideră sistemul S, la care trebuie reglată mărimea de ieșire Q. Sistemul poate fi controlat prin mărimea de comandă,  $U_{CD}$ , dar asupra sa acționează și perturbațiile Z. Acestea vor să modifice în permanență mărimea de ieșire Q. De exemplu, se consideră cabina unui vehicul la care se dorește să se controleze temperatura (Q) prin intermediul unui sistem de climatizare. Acesta generează un debit de aer rece, care constituie mărimea de comandă, U. Asupra cabinei bat însă soarele și aerul rezultat din mișcarea vehiculului, care constituie perturbații. Acestea acționează în mod variabil asupra sistemului și modifică în permanență valoarea de ieșire.

Pentru a ține temperatura constantă, se montează traductorul de temperatură (T), care dă valoarea măsurată,  $r_m$ . Aceasta se compară cu valoarea de referință,  $r$ , impusă de utilizator, în elementul numit

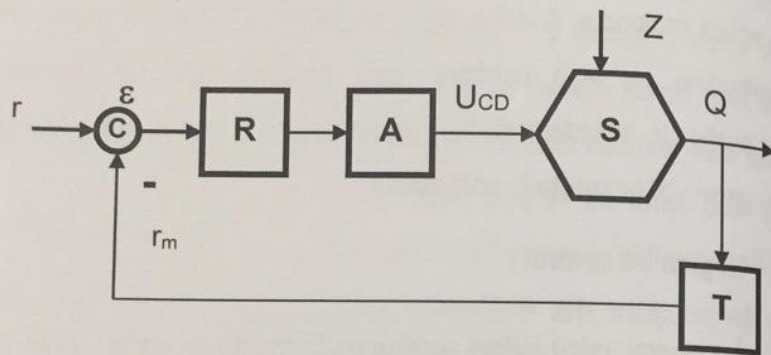


Fig.4.20. Structura unui sistem de reglaj cu reacție negativă.

comparator (C). Rezultatul comparației (diferența) se numește eroare ( $\varepsilon$ ). În funcție de mărimea și semnul erorii, elementul numit regulator (R) ia decizia de acțiune. Această acțiune este amplificată de amplificatorul A și rezultă mărimea de comandă, U, ce acționează asupra sistemului. Este evident că scopul reglajului îl constituie diminuarea erorii, eventual anularea acesteia. Regulatorul poate avea multe strategii de funcționare. Cu cât strategia este mai sofisticată, cu atât reglajul este mai bun, dar crește costul instalației de reglaj și poate scădea fiabilitatea. Pentru a termina descrierea, în exemplul de mai sus, traductorul este un senzor de temperatură, de obicei un termistor, iar comparatorul C și regulatorul R un montaj electronic. Amplificatorul este format din instalația de frig (compresor, vaporizator și radiator)

împreună cu un ventilator. Un sistem simplu de reglaj ține în funcțiune instalația de frig până când s-a atins temperatura dorită, apoi o oprește. Când temperatura a crescut, pornește din nou instalația. Pentru a nu avea porniri foarte dese, regulatorul este de tip releu cu histerezis, adică anclanșază la  $\varepsilon_a$  și declanșază la  $\varepsilon_b > \varepsilon_a$ . În acest caz, apar însă fluctuații relativ mari în temperatura cabinei. Pentru a le limita, un regulator mai performant controlează și turația ventilatorului, astfel încât aceasta să fie mare când eroarea e mare și diminuată când eroarea e mică ș.a.m.d. Acest principiu de reglaj cu reacție negativă are avantajul că este simplu, robust (adică funcționează bine și dacă parametrii sistemului variază în timp) și dă performanțe bune. Alte aplicații auto ale acestui principiu: injecțiile de benzină, regulatorul de tensiune, termocontactul apei de răcire, ABS/ASR, suspensia activă etc.

Revenind la vehiculul electric, sistemul este reprezentat de motorul electric, amplificatorul este dat de schema de forță, traductorul, comparatorul și regulatorul sunt date de partea de comandă. Mărimea de reglaj este cuplul electromagnetic ce trebuie produs. De obicei, cuplul produs de un motor este dat de curentul prin motor, astfel încât accelerarea se face prin creșterea curentului prin motor. Un curent prea mare duce însă la distrugerea atât a motorului, cât mai ales a variatorului, încât sistemul trebuie să aibă o buclă de control al curentului, atât în regim de tracțiune, cât și de frânare. Pentru scurt timp (câteva minute), motorul acceptă și curenți mai mari (curenți de

impuls), de exemplu la repriză sau la pornirea în pantă. Prolungirea și exagerată a duratei acestor curenți duce la arderea motorului. Durata și valoarea curentului de impuls nu sunt constante, ci depind de temperatura inițială a motorului. Toate aceste activități sunt controlate de logica de control.

La motoarele de curent continuu logica de control este mai simplă decât la motoarele de curent alternativ. De aceea, primele acționări auto au fost cu motoare de curent continuu. În prezent, s-au dezvoltat însă și sisteme de acționări de curent alternativ, problema lor fiind complet rezolvată din punct de vedere tehnic și economic. Fiabilitatea și performanțele lor sunt superioare, de aceea există tendința de generalizare a acționărilor de curent alternativ.

### Logica de comutație

De obicei, acest bloc primește la intrare de la elementul regulator din logica de comandă o tensiune variabilă, în funcție de cât de mare se dorește să fie tensiunea sau curentul din motor. Blocul trebuie să dea secvența de comutare pentru comutatoare. O cerință imperioasă este ca în nici un caz să nu fie activate simultan ambele comutatoare de pe o verticală. Acest lucru ar echivala cu un scurtcircuit intern în partea de forță și ar distruge-o extrem de repede (timp de ordinul milisecundelor). Sunt dezvoltate numeroase strategii de comutație, din care se vor exemplifica câteva în continuare.

**Strategie de generare a unei unde sinusoidale prin programarea secvenței.** Această strategie este una dintre cele mai

primitive metode de sinteză. Ea se utilizează în aplicațiile de curent alternativ de putere mare și frecvență mică, implementate, de obicei, cu tiristoare. Pentru exemplificare, se presupune că motorul este conectat în stea, ca în Fig. 4.21, iar sistemul de control lucrează cu pași constanți de timp.

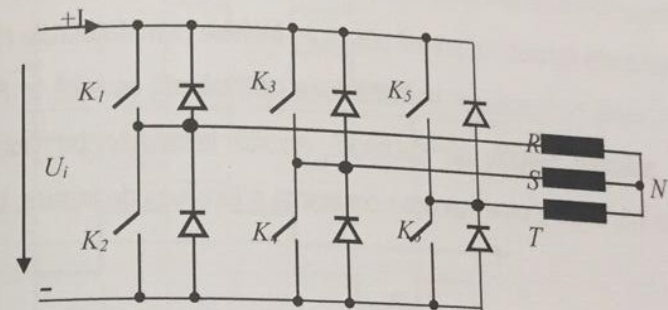


Fig.4.21. Invertor de 4 cadrane.

Se consideră comanda comutatoarelor după Tab. 4.3, unde s-a notat "I" comutator închis și "D" comutator deschis.

Tabel 4.3. Comanda comutatoarelor

Pas	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>5</sub>	K <sub>6</sub>	U <sub>RN</sub>	U <sub>SN</sub>	U <sub>TN</sub>
1	I	D	D	I	D	I	2V/3	-V/3	-V/3
2	I	D	D	I	I	D	V/3	-2V/3	V/3
3	D	I	D	I	I	D	-V/3	-V/3	2V/3
4	D	I	I	D	I	D	-2V/3	V/3	V/3
5	D	I	I	D	D	I	-V/3	2V/3	-V/3
6	I	D	I	D	D	I	V/3	V/3	-2V/3
7	I	D	D	I	D	I	2V/3	-V/3	-V/3

Perioada comenzii este de șase pași, după care secvența se repetă. Se ține cont de observația de la paragraful anterior, anume că pe o vetică nu poate conduce la un moment dat decât un singur comutator.

Dacă se neglijează în primă instanță tensiunile electromotoare, tensiunile pe fiecare fază a motorului  $U_{RN}$ ,  $U_{SN}$ ,  $U_{TN}$  sunt date doar de impedanța fazelor. La primul pas, sunt închise comutatoarele K1, K4 și K6, astfel încât schema de conexiune echivalentă este ca în Fig. 4.22 și, aplicând regulile lui Kirchoff, rezultă tensiunile pe fază ca în Tab.4.3, unde  $V$  este valoarea constantă a tensiunii de intrare,  $U_i = V$ :

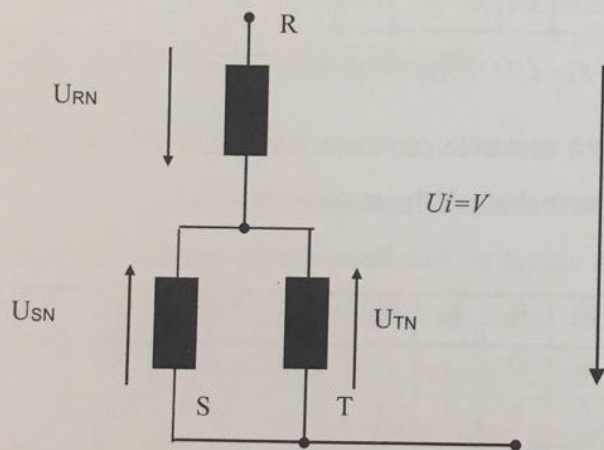


Fig.4.22. Schema echivalentă la pas 1.

$$U_{RN} = 2V/3, \quad U_{SN} = -V/3, \quad U_{TN} = -V/3$$

Formele de undă corespunzătoare sunt date în Fig. 4.23.

Se obțin trei tensiuni alternative, dar deformate de la sinusoidale. Aceste deformații reprezintă, de fapt o serie de armonici introduse de sintetizarea incrementală a tensiunilor sau curenților.

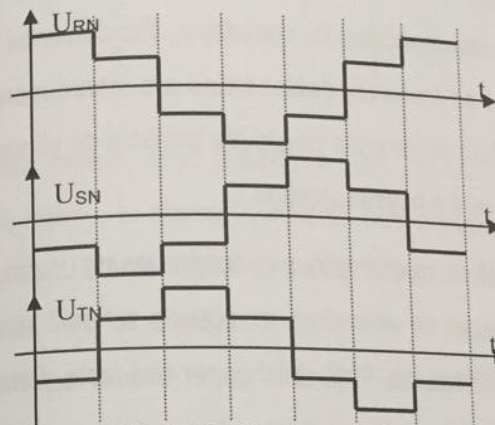


Fig.4.23. Tensiuni pe fază.

Toate metodele de sinteză generează armonici, mai mari sau mai mici, în funcție de complexitatea algoritmului de sinteză. Aceste armonici dau cupluri parazite în motor și încălzesc inutil motorul. Contribuția lor nu este însă, în general, foarte importantă. Dacă totuși prezența armonicilor deranjează, există metode pentru reducerea acestor armonici, unele ce se vor discuta la principiul reglajului în comutație, printre care:

- folosirea unor metode avansate de sinteză
- mărirea frecvenței de comutare
- utilizarea unor filtre pentru înlăturarea armonicilor.

b) **Metode bazate pe modularea lățimii pulsului** (în engleză *Pulse Width Modulation - PWM*). Acest procedeu este de departe cea

mai folosită metodă de generare a unei forme de undă de la o tensiune constantă, cum este cea dată de baterii și se obține fie o tensiune continuă de mărime variabilă, fie o tensiune alternativă, de frecvență și amplitudine variabilă. Metoda folosește comutatoare de putere și se mai cheamă *metoda reglajului în comutație*. Fundamentul acestei metode se bazează pe faptul că, dacă sarcina are inerție mare, ea nu este practic influențată de variațiile rapide ale tensiunii de alimentare, ci doar de valoarea medie a acestei tensiuni.

Această metodă se va exemplifica în continuare pe un caz simplu, și anume pe un chopper de un cadran, care are o schemă simplificată ca în Fig. 4.24. Partea de forță a chopper-ului este formată din comutatoarele  $K_1$  și  $K_2$ .

Comutatoarele nu pot avea decât două stări: închis (I) și deschis

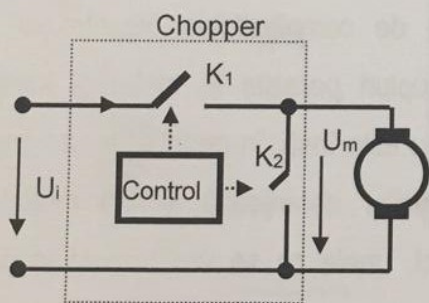


Fig.4.24. Principiul comutației aplicat la un chopper de un cadran.

(D). Dacă se consideră tensiunea de intrare constantă,  $U_i = V$ , tensiunea de ieșire,  $U_m$  este variabilă, în funcție de starea comutatoarelor, după cum se arată în Tab. 4.4.

Tabel 4.4. Stările comutatoarelor

Nr. stare	$K_1$	$K_2$	$U_m$
1	I	D	V
2	D	I	0
3	D	D	x
4	I	I	x

Pentru sistem, sunt posibile 4 stări. În starea 1, intrarea este cuplată la ieșire. În starea 2, intrarea este decuplată, iar ieșirea este pusă la masă. Stările 3 și 4 sunt stări interzise: starea 3 lasă motorul nealimentat, într-o situație incertă, iar în starea 4 se produce scurtcircuit pe intrare, care distruge comutatoarele. Elementul de comandă are sarcina să stabilească în fiecare moment starea sistemului, evitând stările 3 și 4. Fie că această comandă lasă sistemul un timp  $t_c$  în starea 1 și un timp  $t_i$  în starea 2 după care ciclul se reia periodic. Perioada este  $T = t_c + t_i$ , ca în Fig. 4.25.a. Dacă perioada de comutare este mică în raport cu inerția mare a elementului alimentat, turația motorului nu poate urmări aceste variații rapide. Practic motorul se rotește aproape constant ca și când ar fi alimentat cu o tensiune netedă, egală cu valoarea medie a tensiunii de alimentare. Apare însă și o mică ondulație la turația motorului, ca în Fig.4.25.b, adică când tensiunea este V turația crește, când este 0 turația scade.

Sunt și alte aplicații care folosesc acest principiu:

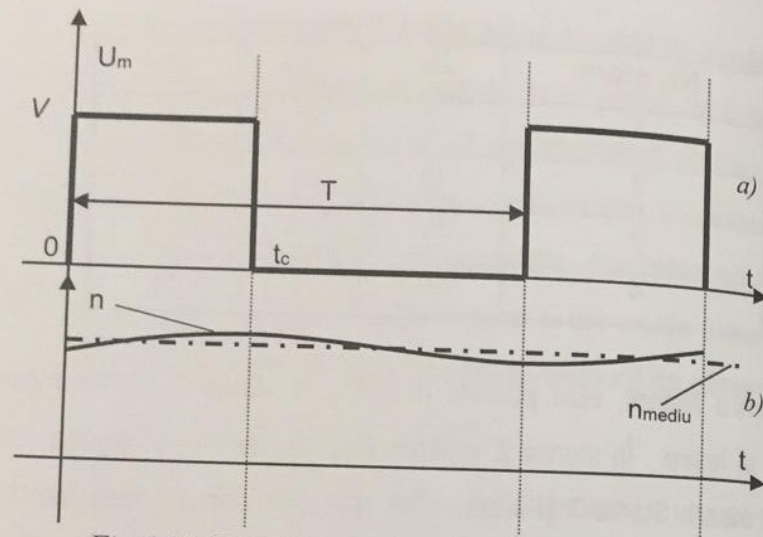


Fig.4.25. Forme de undă pentru reglajul în comutație.

- la cinematograf sau la televiziune, dacă imaginea se schimbă suficient de repede, inerția ochiului dă o senzație de medie, adică o mișcare continuă
- un bec cu incandescență dă o lumină ce pare continuă, cu toate că este alimentat cu tensiune sinusoidală, dar la 50Hz, datorită inerției termice a filamentului și, mai ales, datorită inerției optice a ochiului. Dacă însă frecvența de lucru scade la 1÷2 Hz, funcționarea intermitentă se observă, cum este cazul lămpilor de semnalizare stânga- dreapta
- toate injecțiile de benzină moderne au un sistem care reglează turația de mers în gol, astfel încât să rămână constantă, indiferent că funcționează aerul condiționat sau că a fost deconectat un consumator electric puternic. O soluție de reglaj este existența unui bypass (canal de aer ce ocoleşte clapeta) obturat de o

supapă comandată electric. Supapa are două poziții, închis și deschis. Dacă această supapă este acționată cu o frecvență suficient de mare, motorul termic nu are variații de turație, ci reacționează la valoarea medie a debitului de aer ce trece prin bypass. Acest debit se modifică de sistemul de reglaj, astfel încât să mențină turația constantă indiferent de sarcina motorului termic

➤ regulatorul de tensiune asociat alternatorului funcționează tot în comutație. El alimentează excitația generatorului periodic fie cu  $U$ , fie cu  $0$ , astfel încât tensiunea la bornele generatorului să fie constantă, indiferent de turație sau de sarcina sa. Ondulațiile tensiunii sunt limitate de inductivitatea generatorului și de bateria de acumulare.

Dacă la sistemul de mai sus calculăm valoarea medie a tensiunii de ieșire se obține:

$$(U_m)_{mediu} = \frac{1}{T} \int_0^T U_m dt = \frac{1}{T} \left( \int_0^{t_c} V dt + \int_{t_c}^T 0 dt \right) = V \frac{t_c}{T} \quad (4.14)$$

adică valoarea medie se poate modifica, fie modificând timpul de conducție cât stă în starea 1, fie modificând perioada, fie pe amândouă.

#### CONCLUZII:

- 1) Metoda reglajului în comutație nu livrează o mărime cu amplitudinea variabilă, ci o mărime la care variază valoarea medie, prin varierea timpului cât mărimea constantă de intrare este lăsată să treacă;

## 2) Metoda se aplică sistemelor cu inerție.

Avantajele reglajului în comutație sunt:

- este foarte simplu, deci ieftin și fiabil
- are randament foarte mare.

Pentru exemplificare în Fig. 4.24 se calculează pierderile pe elementul de reglaj,  $P_R = \Delta U \cdot I = (U_i - U_m) \cdot I$  se observă că ele sunt nule atât în starea 1 ( $\Delta U = 0$ ), cât și în starea 2 ( $I = 0$ ), deci randamentul teoretic ar fi 1. În realitate comutatoarele nu sunt ideale și apar pierderi atât în regim constant, cât și la comutație, astfel încât randamentul practic ajunge în jur de 0,85, cum s-a arătat anterior.

Principalul dezavantaj al reglajului în comutație îl constituie faptul că mărimea de ieșire nu este netedă, ci este ondulată. În figura 4.25, tensiunea de alimentare este dreptunghiulară, iar turația motorului n este ondulată, de valoare medie,  $n_{med}$ . Această ondulație este matematic (Fourier) echivalentă cu suprapunerea peste o valoare constantă  $n_{med}$  a unor componente sinusoidale de diferite frecvențe numite armonici. Aceste ondulații, (adică prezența armonicilor) pot deranja sarcina. De exemplu, la un vehicul, dacă ondulația de viteză este mare, ea se traduce într-o vibrație care, pe de o parte, este supărătoare pentru pasageri, iar pe de altă parte poate duce la uzura accentuată a transmisiei. La un bec, pâlpâirea duce la oboseala ochiului etc. Pentru limitarea armonicilor, se utilizează în principiu trei metode:

→ mărirea frecvenței de comutare. Creșterea frecvenței de comutație este însă limitată de funcționarea comutatoarelor și de creșterea pierderilor de comutație. Această soluție se aplică la regulatoarele de tensiune electronice de pe alternatoare, care funcționează la cel puțin 400Hz, în comparație cu cele electromecanice, care merg la o frecvență cu cel puțin un ordin mai mică

→ plasarea unui filtru între elementul de reglaj și sarcina sensibilă. De exemplu, la regulatoarele de tensiune de la alternatoare, bateria de acumulare joacă și rol de filtru

→ introducerea unui număr mai mare de stări de reglaj. De exemplu, la regulatoarele electromecanice de la alternatoare există și o stare intermediară cu o tensiune aproximativ jumătate din tensiunea maximă. Tensiunea de ieșire nu comută între maxim și zero, ci, fie între maxim și jumătate, fie între jumătate și zero. Aceasta compensează frecvența de lucru mai scăzută.

Pentru generarea comenzilor PWM, există mai multe metode printre care:

b1) metodă de generare ce utilizează un comparator cu histerezis. Este poate cea mai simplă tehnică de control PWM, dar are, de multe ori, rezultate suficient de bune, mai ales dacă frecvența de comutație este suficient de mare în raport cu inerția motorului.

Pentru exemplificare se consideră un vehicul cu motor de curent continuu acționat de un chopper de 1 cadran ca în Fig. 4.26. Pentru controlul motorului se controlează cuplul dezvoltat, adică curentul absorbit, după schema generală din Fig. 4.20. Referința  $r$  este

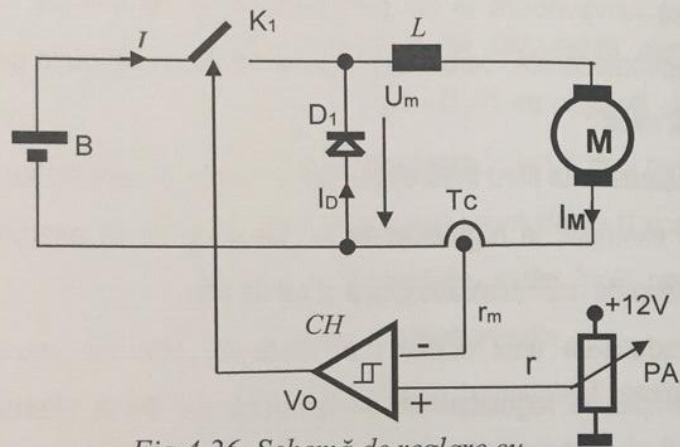


Fig.4.26. Schemă de reglare cu histerezis.

reprezentată de tensiunea variabilă culeasă de la potențiometrul PA pus pe pedala de accelerație. Când pedala nu este apăsată, cursorul potențiometrului este la masă și  $r=0$ . Când se apasă la maxim, cursorul este la celălalt capăt și  $r = +12$  V. Comparatorul cu histerezis CH joacă rol de comparator, regulator de tip proporțional și generator PWM. El compară referința  $r$  cu valoarea măsurată dată de traductorul de curent, aici sub forma sunțului TC. El este o rezistență de valoare mică, dar constantă prin care trece curentul de măsurat  $I$ . Tensiunea dată de shunt este proporțională cu mărimea măsurată.

Comparatorul cu histerezis este un circuit electronic, la care tensiunea de ieșire, ( $V_0$ ), are doar două valori posibile, 0 și  $V_{max}$ .

Această tensiune este în funcție de diferența dintre tensiunile de intrare, cea de pe borna +, numită  $V^+$  și cea de pe borna -, numită  $V^-$ , ca în Fig.4.27. Caracteristica are însă memorie, în sensul că trecerea de la o valoare la alta a ieșirii, se face în funcție de starea comparatorului. Dacă ieșirea  $V_0$  este 0, ea devine  $V_{max}$  doar dacă  $V^+ - V^-$

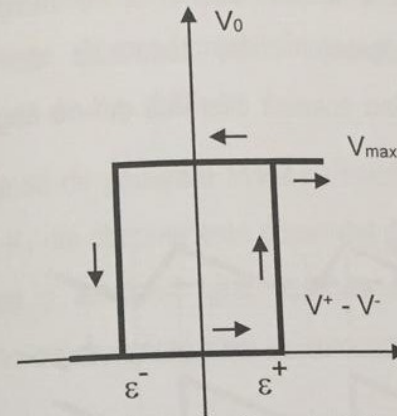


Fig.4.27. Caracteristica comparatorului cu histerezis.

este mai mare decât  $\epsilon^+$ . Dacă ieșirea  $V_0$  este  $V_{max}$ , ea devine 0 doar dacă  $V^+ - V^-$  este mai mică decât  $\epsilon^-$ . Se mai presupune că funcționarea comutatorului este în funcție de tensiunea de comandă; la tensiune de comandă zero comutatorul  $K_1$  este blocat, iar la tensiune de comandă  $V_{max}$  comutatorul este în conducție.

Se presupune că în stare inițială, curentul motorului  $I_M$  este mic și mărimea măsurată  $r_m$  este mică. Atunci diferența între tensiunile la intrarea comparatorului  $V^+ - V^- = r_m - r$  este pozitivă și mare, iar tensiunea de ieșire este  $V_0 = V_{max}$ . Comutatorul este în conducție, iar tensiunea pe motor este  $U_m = V$ , curentul motor este dat de baterie,  $I_M = I$  și crește. Dioda  $D_1$  este blocată, deci  $I_D = 0$ . Pe măsură ce crește curentul prin motor, diferența dintre tensiunile de la intrarea comparatorului scade. Când această diferență devine negativă și mai

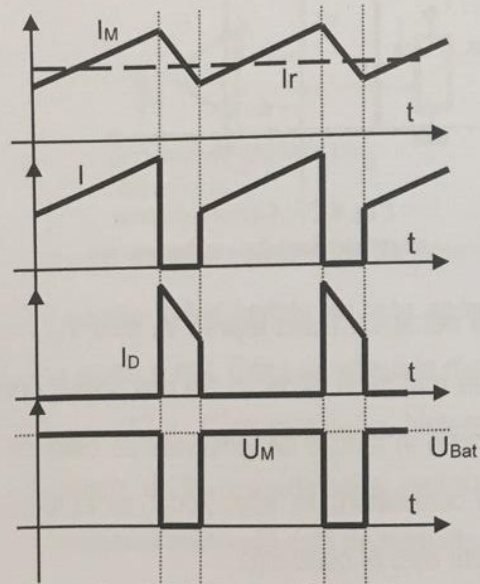


Fig.4.28. Forme de undă la comparatorul cu histerezis.

mică decât  $\varepsilon^-$  comparatorul basculează. Tensiunea de ieșire devine zero,  $V_0 = 0$  și comutatorul se blochează. Curentul de la baterie se anulează.

Datorită inductivității, curentul prin motor continuă să treacă prin deschiderea diodei, ca urmare tensiunea pe motor devine nulă, iar curentul motor scade. Pe măsură ce curentul scade, scade diferența dintre tensiunile de la intrarea comparatorului care se apropie de valori pozitive. Când diferența ajunge mai mare decât  $\varepsilon^+$  comparatorul basculează din nou. Tensiunea lui devine din nou  $V_{max}$  și comutatorul intră în conducție. Curentul crește din nou și ciclul se repetă. Rezultă formele de undă din Fig. 4.28.

b2) Metodă de generare PWM cu tensiune liniar variabilă (TLV). Comutatorul  $K_1$  din chopper este comandat de comparatorul C. Acesta are la intrare o tensiune liniar variabilă de forma unor triunghiuri isoscele de valori constante care se compară cu mărimea de comandă

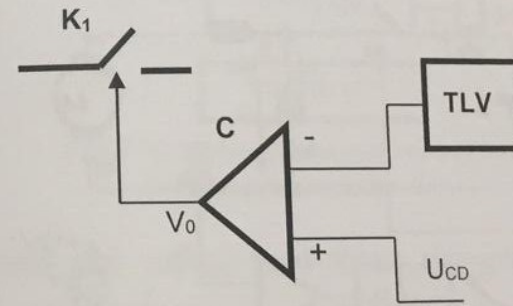


Fig.4.29. Generare PWM cu TLV.

variabilă.

La diferite valori ale tensiunii de comandă, variază timpul de conducție, deci valoarea medie la ieșirea chopperului, ca în Fig. 4.30.

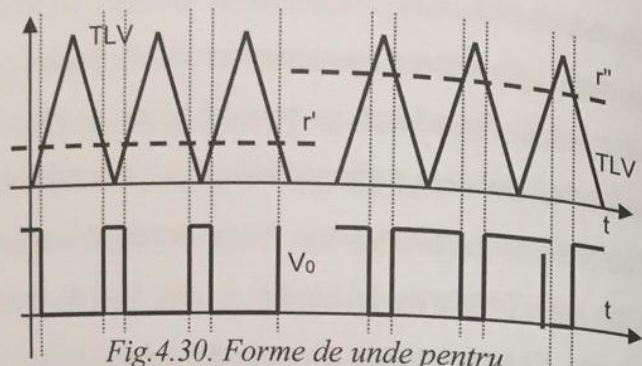


Fig. 4.30. Forme de unde pentru schema din Fig. 4.29.

Pentru exemplificare, aplicația anterioară cu comparator cu histerzis din Fig. 4.26 se reface utilizând TLV, ca în Fig. 4.31. Sumatorul S joacă și rolul de comparator și de regulator de tip proporțional și este realizat de obicei de un amplificator operațional  $U_{CO}$

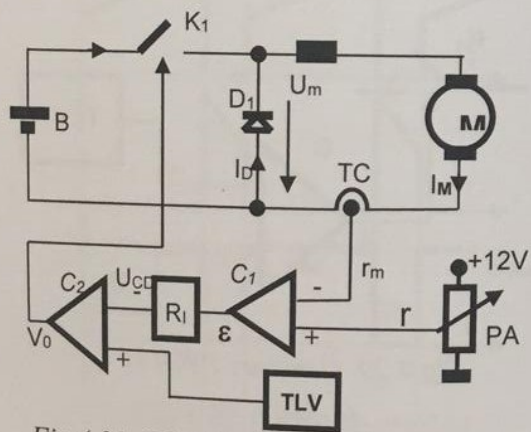


Fig. 4.31. Schemă completă de reglare PWM cu TLV.

$= \varepsilon \cdot k \cdot (r - r_m)$ . Mărima de eroare devine comandă în comparatorul TLV care comandă comutatorul  $K_1$ .

b3) Metode numerice de sinteză PWM. Construcțiile din ultima decadă sunt însă caracterizate de pătrunderea masivă a elementelor de control numerice, gen microprocesor. Un microprocesor are însă nevoie, pentru a funcționa, de mai multe circuite auxiliare cum ar fi: memorii RAM și ROM, convertoare analog-numerice (CA/N) și numeric-analogice (CN/A), porturi numerice și altele. Pentru a simplifica schemele, a ieftini produsele și a mări fiabilitatea, în ultima vreme, s-au

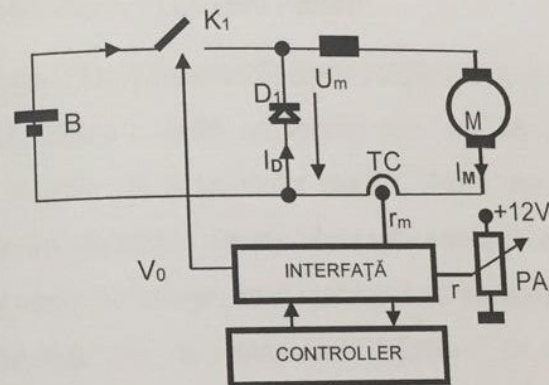


Fig. 4.32. Schemă completă de reglare PWM cu microcontroller.

dezvoltat circuite care cuprind toate aceste elemente într-un singur chip, numite microcontrolere sau câteodată DSP (Digital Signal Processor). Pentru a controla un proces industrial în timp real, ele mai au nevoie doar de o interfață de adaptare cu elementele de putere (traductoare, comutatoare de putere etc.). În rest, totul se calculează intern, conform unui algoritm prestabilit, iar comanda se dă pe la

porturile PWM către comutatoare prin intermediul interfeței. Structura devine foarte simplă și se prezintă în Fig. 4.32.

Există deja și implementări hibride, la care controler-ul se găsește în același modul cu comutatoarele de putere. Și lucrurile vor continua.

Acesta este indubitabil viitorul!

## CAPITOLUL 5

### AUTOMOBILUL ELECTRIC HIBRID

Sintagma vehicul (automobil) electric hibrid (HEV) este folosită, în mod curent, pentru a defini un vehicul care are atât un motor cu combustie internă, cât și un motor electric. Primul aspect urmărit la proiectarea unui automobil electric hibrid este acela al managementului mai multor surse de energie, management care trebuie să țină seama de ciclul de acționare, de dimensiunea bateriei și de managementul acesteia. În prezent, vehiculele electrice hibride pot asigura performanțele tehnice cerute de clienți, dar costul lor este mai ridicat. Pentru o promovare a acestor vehicule a fost nevoie de un sprijin guvernamental.

În privința vehiculelor electrice hibride, există două scheme de bază, cea serie (Fig.5.1.) și cea paralel (Fig.5.2.). Practic însă au apărut și o mulțime de alte variante mixte. Până nu demult, vehiculele electrice hibride (HEV) erau clasificate în două categorii: HEV cu configurație serie și HEV cu configurație paralel. Recent, în urma

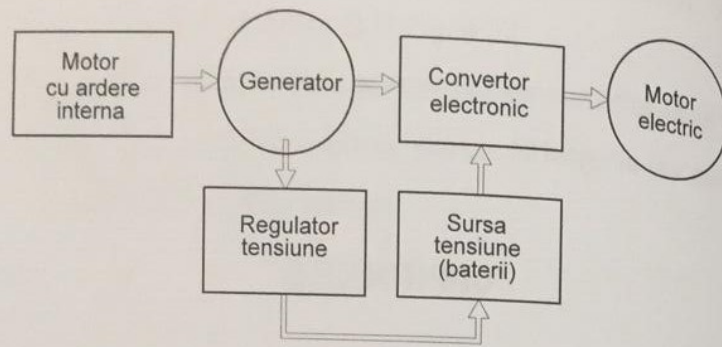


Fig.5.1. Schema bloc a unei structuri hibride serie.

realizării unor HEV care oferă atât avantajele configurației serie, cât și ale configurației paralel, clasificarea a fost extinsă la trei categorii: serie, paralel și serie-paralel.

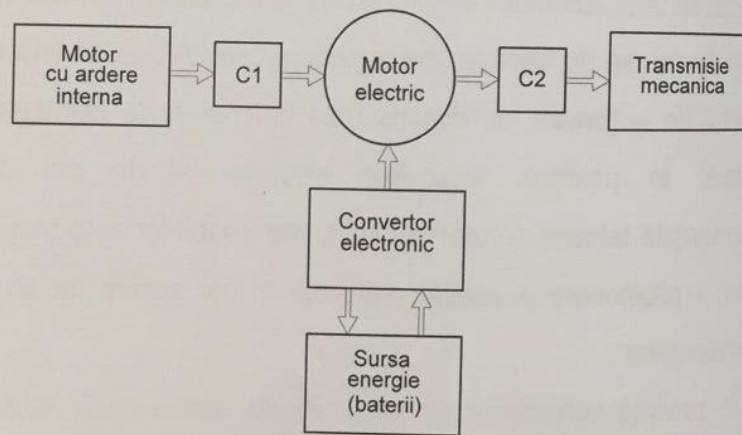


Fig.5.2. Schema bloc a unei structuri hibride paralel.

Dar, de puțin timp, au apărut HEV cu structuri noi, care nu se pot reduce la cele trei structuri enumerate mai înainte, motiv pentru care HEV se clasifică, mai recent, în patru categorii:

- 1) hibrid serie
- 2) hibrid paralel
- 3) hibrid serie-paralel
- 4) hibrid complex.

Pentru a înțelege mai bine problema, prezentăm pe scurt soluțiile hibrid serie și hibrid paralel, amintind și de alte soluții derivate din acestea. Motorul cu ardere internă antrenează un generator de putere nominală egală cu puterea de tracțiune. Acesta alimentează direct motorul electric prin intermediul convertorului electronic sau prin intermediul unui regulator de tensiune.

În afara zonelor urbane, motorul cu ardere internă este pornit antrenând generatorul, care alimentează atât motorul, cât și bateriile, încărcându-le. În zona urbană, motorul cu ardere internă este oprit, iar motorul electric este alimentat numai de la baterii. Este de menționat faptul că transmisia nu are cutie de viteze și ambreiaj, dar sunt necesare două mașini electrice – motorul și generatorul – de puteri identice, egale cu puterea de tracțiune, deci autonomia crește substanțial. În orice caz, chiar dacă motorul cu ardere internă ar merge tot timpul, poluarea datorată lui este mai mică, pentru că se poate alege un punct de funcționare optim (ca poluare și randament).

Motorul electric este plasat între motorul cu ardere internă și cutia de viteze, prin intermediul cuplajului  $C_1$ . Rolul cuplajului  $C_1$  este ca, în

mediul interurban, motorul cu ardere internă să fie cuplat la transmisie, motorul electric fiind dezactivat.

În zone urbane, motorul cu ardere internă poate fi chiar oprit, tracțiunea făcându-se numai electric. Avantajele oferite de această structură sunt date de utilizarea unei singure mașini electrice (motorul) și de flexibilitatea ei, care permite mai multe strategii de comandă, dar controlul cuplajelor este dificil de realizat, necesitând o schemă de comandă complicată, asistată de calculator.

Soluția hibridă este un compromis în realizarea vehiculelor electrice, impus de autonomia redusă oferită de bateriile de tracțiune. Vehiculele echipate cu propulsie hibridă pot funcționa cu emisie zero sau cu emisie redusă. Acest compromis pare să aibă viitor în traficul urban, în care vor exista zone protejate în centrul orașelor sau în zone de agrement în care circulația cu vehicule clasice va fi interzisă.

#### Avantajele soluției hibride:

- reducerea consumului și a emisiilor. Acest lucru se explică prin faptul că MAI funcționează majoritatea timpului mai aproape de punctul de optim, care se găsește în jur de puterea nominală. Pentru exemplificare, se consideră caracteristica de consum (consum specific efectiv  $c_e$  [g/kWh] în funcție de puterea efectivă  $P_e$  [kW]) din Fig. 5.3. Să presupunem că, din considerente dinamice, pentru a atinge viteza maximă sau a urca panta maximă, un vehicul are nevoie de o putere nominală  $P_n$  egală cu puterea efectivă

maximă,  $P_{e\max}$ . Însă, în majoritatea timpului, vehiculul folosește o putere medie,  $P_m$ , mai mică de 40% din puterea nominală (nu este încărcat la maxim, merge cu viteză mult

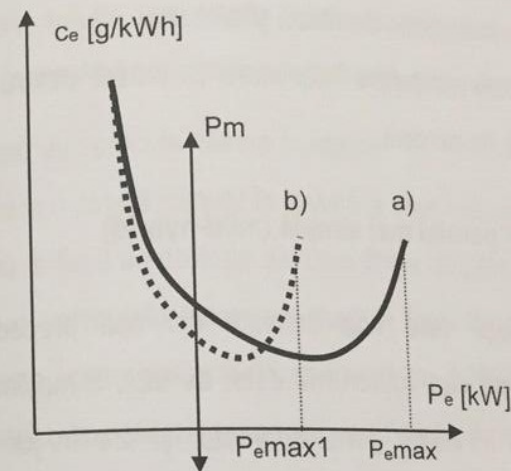


Fig. 5.3. Curba de consum.

mai mică decât viteza maximă, merge în palier etc.). Dacă, în aplicația de mai sus, se folosește un motor cu puterea nominală  $P_{nb}=0,6P_n$  (curba b), se observă că, la aceeași putere medie utilizată,  $P_m$ , consumul scade. O problemă apare însă deoarece acest vehicul nu mai poate atinge viteza maximă, nu poate să aibă demarajul sau să urce panta maximă a celui inițial. În acest scop, se adaugă motorul electric care funcționează în regim de scurtă durată pentru a corecta caracteristica dinamică a vehiculului

- au un gabarit și masă mai mici
- se recuperează energia la frânare

- sunt mai flexibile în modul de comandă și reglaj
- permit un control mai bun la pornire/oprire pentru MAI.

*Dezavantajele soluției hibride:*

- au nevoie de cutie de viteză și ambreiaj
- au nevoie de putere mai mare în baterii pentru a susține vârfurile de sarcină.

### **Soluția HEV paralel mai simplă (mild-hybrid)**

Această soluție este una derivată din cea precedentă prin simplificare. În acest caz, motorul M este, de fapt, o mașină ce C.A., care funcționează în regim generator/motor și are în jur de 10kW pentru un autoturism, în loc de 1÷2kW, cât are demarorul clasic. Pe de o parte, M ține loc atât de demaror, cât și de alternator. Pe de altă parte, ea permite oprirea la stop a MAI, reducând consumul și mai ales emisiile. Pornirea se face electric până la 20÷30km/h după care intră și MAI în funcțiune. De obicei, această soluție este asociată cu funcționarea la 42V.

*Avantajele acestei soluții față de soluția full-hybrid:*

- volumul grupului motor este mai mic și mai ușor
- este mai ieftină
- bateriile sunt mai mici
- sistemul se integrează în noul val de alimentare la 42V.

*Dezavantajele sunt:*

- soluția este mult mai simplă și deci mai puțin eficace

- este departe de ZEV.

### **Soluția HEV serie-paralel**

Această soluție are multe variante care vor fi detaliate în continuare, încercând să combine avantajele, eliminând dezavantajele.

*Exemple de vehicule hibride moderne*

Vom face o scurtă trecere în revistă a unor variante comerciale de vehicule sau în fază de prototip ale unor firme de prestigiu. Deși marea majoritatea a vehiculelor anunțate sunt în fază de prototip, există și unele variante comercializate în mai mult de 100000 exemplare. La acest domeniu, excelează japonezii cu Toyota și Honda. Americanii anunță doar prototipuri, însă nu sunt pregătiți de comercializare (anunțată la sfârșitul lui 2004). Europeanii au doar încercări timide pe hibrid, mai avansați fiind Daimler- Chrysler.

#### *Toyota Prius*

Acest model este cel mai reușit exemplu de vehicul hibrid, care este în faza de comercializare de câțiva ani și a ajuns deja să fie eficient economic. În lume, se vânduseră (la nivelul anului 2002) peste 100.000 exemplare, majoritatea în Japonia, dar și în America. Schema de principiu este prezentată în Fig. 5.4.

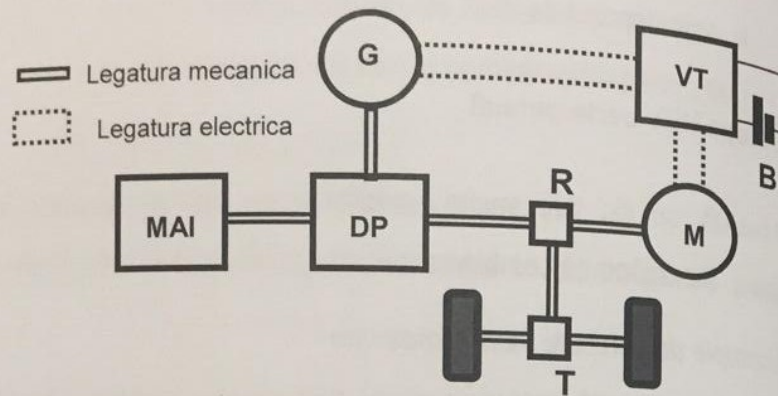


Fig.5.4. Structura Toyota Prius (serie-paralel)..

Elementul inovator al schemei este divizorul de putere (DP), care este o legătură între MAI, M și G, dar care reglează fluxul de putere ce merge la axul de ieșire între M și MAI prin intermediul lui G. Sistemul poate funcționa serie când MAI acționează pe G și prin acesta pe M, dar poate funcționa și paralel când MAI trimite direct putere la ieșire, suplimentat de M alimentat din B. De obicei, funcționarea serie-paralel este simultană, în proporții diferite, în funcție de regim și sarcină. În 2003, a fost lansată la New York International Auto Show, în special pentru piața americană, o nouă versiune îmbunătățită, Prius 2004. Puterea motorului electric a fost crescută cu 50% la 50kW alimentat la 500V de un inverter, față de 33kW/300V. Astfel, au crescut turația maximă și cuplul maxim, mărind performanțele dinamice la repriză, accelerația de la 0+60mph scăzând de la 12s la 10s. Economia de combustibil a crescut cu 15% în ciclul urban japonez, consumul ajungând aproape la jumătate față de o mașină clasică din categoria ei.

Emisiile sunt cu 30% mai mici decât înainte, modelul fiind certificat SULEV și AT-PZEV la un preț în jur de 20 000\$.

#### Toyota CrownTHS-M

Acesta este un mild-hybrid, adică un vehicul clasic, la care s-a utilizat o mașină de c.a. generator/motor asociată cu un inverter și o baterie de 36V, sistemul funcționând la 42V. Cuplarea mașinii se face prin curea la un motor de 3L cu injecție directă de benzină.

#### Toyota Estima THS-C

Acest vehicul este un full-hybrid paralel cu construcția cea mai complexă din cele existente pe piață. Puntea față are un bloc propulsor format din MAI, DP, ambreiaj dublu și un motor electric de 13kW/216V. Puntea spate are un motor electric de 18kW/216V. Vehiculul combină în a optimiza toate cele trei surse de energie (două M și un MAI), legătura între grupurile propulsoare fiind electrică.

#### Mitsubishi Aerostar

Acesta este un autobuz folosit ca navetă la WORLD CUP 2002 și are structură serie. Are un MAI de 8,2L, ce antrenează un generator de 100kW. Două motoare (de 150kW fiecare) sunt dispuse în roțile din spate. Sistemul electric de propulsie a fost luat de la Siemens și este utilizat și de Mercedes-Benz.

#### QinetiQ

Acesta este un prototip experimental de camion militar, produs de firma QinetiQ pentru ministerul britanic al apărării. Este un vehicul

demonstrativ, care permite studierea și evaluarea unui sistem hibrid serie în regim militar. Caracteristica este că MAI acționează un generator care alimentează 6 motoare plasate în roțile unui camion 6x6. Se speră în creșterea stabilității și a capacității de trecere.

## CAPITOLUL 6

### 6.1. PERSPECTIVE ÎN DEZVOLTAREA AUTOVEHICULELOR ELECTRICE ȘI HIBRIDE

Răspândirea foarte intensă a autovehiculelor a făcut ca cel puțin două probleme să fie critice atât în prezent, cât și în perspectivă: reducerea emisiilor poluante, chimice și sonore și reducerea consumului de carburant (în special cel fosil).

În privința emisiilor chimice, automobilul este considerat responsabil de cea mai mare parte a acestora. Ele constau, pe de o parte, din bioxid de carbon ( $\text{CO}_2$ ), care, la nivel mondial duce la accentuarea efectului de seră, asociat cu creșterea temperaturii medii pe glob. Pe de altă parte, apar emisii nocive, cum sunt  $\text{NO}_x$ , CH, CO, particulele de carbon și altele. Aceste emisii sunt responsabile de multe maladii actuale, precum cancerul, boli ale sistemului cardiovascular și altele.

În privința consumului, se știe că actualele rezerve de hidrocarburi utilizabile (în special petrol) sunt acoperitoare doar pentru un orizont de timp limitat la câteva zeci de ani. Mai mult, noile apariții industriale în peisajul mondial (China și India) înregistrează creșteri spectaculoase în consumul de resurse (energie și materii prime), ceea ce a dus la

creșterea prețului mondial la aceste produse. Suplimentar, evenimente de natură politică, militară și chiar climatică, cum ar fi războiul din Irak și terorismul în zona Golfului, situația nesigură din Nigeria și Venezuela, uraganele din Golful Mexic și altele au dus la creșteri spectaculoase ale prețului la petrol, acesta depășind actual nivelul de 53\$/baril, deși acum un an era sub 40\$/baril.

Pe de altă parte, automobilul a devenit din ce în ce mai mult un auxiliar absolut necesar în societatea modernă și a depășit de mult stadiul de obiect de lux, inclusiv în țările lumii a treia. Ca atare, o limitare a folosirii lui pare complet inacceptabilă. Câteva soluții la problemele enunțate se referă la:

- ◆ îmbunătățirea performanțelor motoarelor cu ardere internă (MAI)
- ◆ utilizarea unor tehnologii neconvenționale, cum ar fi: folosirea unor combustibili alternativi în MAI clasice: GPL (gaz petrolier lichefiat), metanol, biogaz, hidrogen ( $H_2$ ) etc.
- ◆ utilizarea vehiculelor electrice alimentate de la acumulatori
- ◆ utilizarea vehiculelor electrice hibride (HEV)
- ◆ utilizarea vehiculelor electrice alimentate de la pile de combustie (FCEV). Aceste soluții se vor analiza în continuare.

### Îmbunătățirea performanțelor MAI

Această soluție se consideră că va fi preponderentă pe piață încă cel puțin 15-20 ani.

a) Principala modalitate de reducere a consumului și emisiilor avută în vedere, în special, de principalii producători europeni, printre care BMW, Mercedes-Benz, VW și Opel (aceștia au împreună peste 40% din piața europeană a vehiculelor noi) este *utilizarea motoarelor*

*diesel turboalimentate, echipate cu sistem de injecție "common rail".* Randamentul mare al acestor motoare aduce o economie apreciabilă de combustibil și o reducere a noxelor. Aceste fenomene sunt accentuate de procedeul de turboalimentare și mărirea presiunii în sistemul de injecție. Procedeurile de turboalimentare sunt mai scumpe, dar mai ieftine decât sistemele hibride. O parte din limitările clasice ale motoarelor diesel sunt astfel înlăturate (greutatea mult mai mare, nivel mare de vibrații, dinamică mai slabă), iar poluarea este și ea mult redusă.

De fapt, în privința poluării, se știe că motoarele diesel au ca principale componente de emisie  $NO_x$  și particulele de carbon. Un control adecvat al motorului asociat cu recircularea gazelor (EGR) reduce  $NO_x$ . În ceea ce privește particulele de carbon se știe că (mai ales cele de dimensiuni foarte mici) acestea afectează puternic sistemul respirator al omului și sunt un factor de risc pentru îmbolnăviri de cancer. Reținerea lor se face în filtre speciale de particule. Pentru a nu avea o cădere de presiune exagerată pe aceste filtre, însoțită de reducerea puterii motorului, filtrele de particule trebuie periodic curățate (regenerate), lucru care se face automat, în timpul funcționării motorului, prin diferite procedee.

b) O altă mare categorie de metode utilizate pentru reducerea emisiilor și a consumului, asociată cu îmbunătățirea funcționării motorului este *controlul distribuției (distribuție variabilă)*. Există mai multe procedee de control, fiecare cu avantaje și dezavantaje.

Un prim mod de control îl reprezintă procedeele care modifică ridicarea supapelor și momentele deschiderii, continuu sau în trepte, prin păstrarea structurii clasice de distribuție, dar modificarea poziției relative la axa cu came (de exemplu, sistemul Valvetronic la BMW sau

I-VTEC la Honda). Controlul este aproximativ și nu este complet, dar sistemul este mai ieftin. Soluția unui control total și independent la fiecare supapă este, în principal, acționarea cu câte un electromagnet. Soluția este însă scumpă și necesită vârfuri mari de curent, care în principiu impun trecerea la 42V.

c) Alte soluții ar fi:

- ◆ sistemul "displacement on demand" (cilindree la cerere) de la GM (de exemplu, Chevrolet Trailblazer), care pentru a ține puterea motorului cât mai aproape de puterea necesară, dezactivează în funcționare anumiți cilindri, din 8 putând rămâne doar 4, știut fiind că emisiile și consumul cresc la sarcini mici
- ◆ Mitsubishi GDI (Gasoline Direct Injection) este un sistem de injecție directă de benzină, care funcționează la amestecuri foarte sărace
- ◆ folosirea unor combustibili alternativi.

Aceste soluții sunt în cea mai mare parte încă în fază de testare, iar viitorul lor este incert, existând păreri atât pro, cât și contra. De o răspândire mai mare, se bucură GPL (gaz petrolier lichefiat), utilizat inclusiv în România. S-au utilizat local și metanol (Brazilia), biofuel (biogaz, ulei de rapiță etc.).

### **Vehicule electrice alimentate de la acumulatori**

Necesitatea utilizării vehiculelor electrice este veche. Vehiculele electrice au fost, însă, mult timp utilizate doar în aplicații punctuale: electrocare în incinte uzinale închise, mașini silențioase pentru aprovizionarea cu lapte în Anglia, mașini pentru agrement (golf, parcuri de distracție etc.). Problema utilizării acestora a fost reluată la

presiunea cercurilor ecologiste în anii '90, reprezentând pentru California, de exemplu, soluția de vehicul cu poluare zero (Zero Emission Vehicle-ZEV). Mai mult, în California, autoritățile (Air Resources Board-ARB) au impus ca, din vehiculele noi, un număr să fie ZEV. Ca urmare, mulți mari producători au construit astfel de vehicule. GM, de exemplu, a scos EV-1, un vehicul de 2 locuri cu baterii cu plumb, cu autonomie peste 200km și dinamică bună.

În Europa, PSA a scos versiunile electrice pentru Peugeot 106 și Citroen AX, pe care le-a și comercializat. La fel a procedat și Renault. Vehiculele aveau în jur de 120km autonomie și viteză maximă de 100km/h, suficient pentru a asigura deplasarea zilnică. Timpul de încărcare acasă la o priză monofazată de 220v/16A era de 8 ore, iar într-o stație de încărcare de putere 3h. Deoarece mare parte din prețul mașinii era reprezentată de costul bateriilor, producătorii francezi nu vindeau bateriile, ci le închiriau. Prețul lunar al chiriei la baterii era echivalent cu costul benzinei. Deoarece costul energiei electrice era nesemnificativ, cheltuielile de exploatare erau echivalente. Acest sistem avea și avantajul că firma producătoare se ocupa și de reciclarea bateriilor după ce se uzau. Suplimentar, statul francez și Electricité de France (producătorul de electricitate) acordau câte o subvenție la cumpărarea unui vehicul electric.

Din păcate, numeroasele avantaje legate de mersul silențios și foarte confortabil, poluarea zero, întreținerea foarte redusă au fost eclipsate de autonomia redusă, timpul mare de încărcare și nu în ultimul rând, de preț. Ca urmare, vânzările au fost foarte modeste, ceea ce a determinat ARB să-și schimbe politica, renunțând în final, în 2003, să mai ceară un număr obligatoriu de ZEV, ci AT-PZEV. Acest acronim vine de la Partial ZEV, mașini bazate pe Advanced Technology (tehnologie avansată). Acestea sunt vehicule cu emisii extrem de scăzute, dar realizate utilizând o tehnologie avansată. În principal, au

fost recunoscute cu o astfel de tehnologie, vehiculele electrice hibride (HEV).

Referitor la vehiculele electrice și, evident, și la războiul de interese în legătură cu ele, există critica că, de fapt, EV nu sunt ZEV, deoarece ele nu poluează la destinație, dar poluează la sursă, în centrala care produce electricitate. Acest lucru nu este în totalitate adevărat, deoarece energia electrică nu se produce decât parțial în centrale poluante (cele termoelectrice), dar și acestea, fiind de putere foarte mare ( sute de MW), au randamente superioare și, fiind staționare, pot fi echipate cu filtre performante, chiar dacă sunt voluminoase și grele.

### Vehicule electrice hibride

Această tehnologie este considerată de către japonezi și americani cea mai performantă pe termen mic și mediu, adică pentru următorii 10÷15 ani. Vehiculele electrice hibride (HEV) au atât motoare termice, cât și motoare electrice, care funcționează, de obicei, împreună. S-au dezvoltat până în prezent mai multe categorii de (HEV):

✓ *HEV reduce* sunt vehicule care au un sistem generator-demaror integrat format dintr-o singură mașină electrică, de obicei de curent alternativ, cu puteri în jur de 3÷5kW. Principalul mod în care aceasta intervine este oprirea motorului termic la stop și pornirea lui automată când se apasă pedala de accelerație, denumit generic în engleză "stop and go". Acest principiu se bazează pe observația că, la mers în gol, emisiile cresc, iar în regim urban există multe opriri la stopuri, la aglomerări etc.

✓ *HEV ușoare (Mild Hybrid)* sunt vehicule cu putere electrică mai mare, în jur se 10÷15kW, care pe lângă "stop and go", pot face și frânare cu recuperare de energie, precum și tracțiune asistată. Astfel, puterea electrică se adună cu cea mecanică la repriză sau la pornire, mărirind dinamica vehiculului. Suplimentar, generatorul electric poate fi utilizat drept sursă electrică autonomă pentru autoateliere.

✓ *HEV totale (Full Hybrid)*, sunt vehicule cu putere electrică mare (30÷100% din puterea totală), cu funcționare complexă.

Câteva modele se prezintă în continuare:

a) **Toyota Prius**, este, de departe, mașina cu cel mai ridicat nivel tehnologic și cea mai vândută. De 4 ani de când se comercializează în Japonia, s-au vândut peste 100000 exemplare, iar în SUA este de un an un real succes, mașinile vânzându-se cu programare.

b) **Ford Escape** este un SUV hibrid cu sistemul de propulsie asemănător cu Prius. Cu toate că Ford a declarat că această concepție este originală, a cumpărat licențe pentru mai multe componente, pentru a evita o dispută între cei doi giganți. Escape a fost prezentat cu o campanie publicitară deosebită la Salonul de la New York, iar comercializarea lui va începe curând.

c) **Honda Civic** este tot un hibrid de succes.

d) **GM** vrea să lanseze, printre altele, variantele mild-hybrid pentru camionetele Chevrolet Silverado și GMC Sierra. Acestea au frânare cu recuperare și sistem integrat start-stop.

La mulți constructori, se remarcă tendința de a utiliza aceeași platformă (cum este Hybrid Synergy Drive® la Toyota) pentru mai multe tipuri de vehicule.

Aceste vehicule hibride se bucură, se pare, de multă popularitate în SUA, după cum rezultă și din studiul «ChangeWave Research». Studiul prezintă popularitatea primelor zece modele hibride printre potențialii cumpărători americani de vehicule noi, iar rezultatele sunt date în Tab. 6.1

Tabelul 6.1. Popularitatea vehiculelor electrice în SUA.

Toyota Prius	45%
Honda Acord Hybrid	35%
Toyota Highlander SUV	27%
Honda Civic Hybrid	23%
Lexus RX 400 Hybrid SUV	22%
Ford Escape SUV	16%
Honda Insight	14%
GMC Saturn	10%
Chevy Siverado Hybrid	7%
GMC Sierra Hybrid	5%

### Vehicule electrice cu pile de combustie (FC)

Pila de combustie este o instalație care primește hidrogen, oxigen din aer și livrează o tensiune electromotoare plus apă și căldură. Cu toate că, momentan, pila de combustie trebuie optimizată pentru a ajunge competitivă din punct de vedere economic și tehnic cu motorul termic, se consideră deja că ea este soluția optimă de viitor. Mai mult, GM, unul dintre principalii promotori ai FC, estimează, că cel mult în zece ani, va avea vehicule comerciale propulsate cu FC.

Asociată cu FC este și problema combustibilului pentru pilă, în speță hidrogenul. Acesta poate fi stocat sau generat la bord din alte

produse. Stocarea se face în recipiente la presiune (5000 sau 10000psi), hidrogenul fiind lichefiat la temperaturi joase sau înglobat în hidruri metalice. Dintre aceste soluții, cea mai convenabilă pare a fi cea cu stocare la presiune. Pentru generare la bord, se folosește o instalație complexă, un fel de microrafinărie, care prelucrează metanol, benzină, gaz natural, biocombustibil etc. Din păcate, instalația este foarte complicată, scumpă și voluminoasă, iar hidrogenul obținut nu este pur, iar randamentul pilei redus. Câteva modele se vor prezenta mai jos :

a) **Honda FCX** a fost certificată oficial în SUA de EPA (Air Protection Agency). A început un program de evaluare în Los Angeles și New York, mai ales ținând cont de faptul că pilele Honda pot funcționa și sub  $-20^{\circ}\text{C}$ . Inițial, a folosit o pilă Ballard de 78kW pe care a îmbunătățit-o. Funcționează cu hidrogen la presiunea de 5000psi. Are patru locuri și o autonomie de 170 mile (275km). Folosește pentru tracțiune un motor sincron, iar pentru recuperare ultracapacitoare.

b) **NECAR5** este un minivan de la Daimler Chrysler. Are o pilă Ballard și hidrogen comprimat la 5000psi, care îi permit o autonomie de 90 mile (145km). În ultima perioadă, nu s-au mai comunicat date despre el.

c) **HydroGen 3** de la GM este tot un minivan, echipat cu o pilă Ballard de 80kW și rezervor de hidrogen la 5000psi sau hidrogen lichid. Are cinci locuri și o autonomie de 250 mile (400km). În anul 2004, a făcut o cursă demonstrativă prin Europa, din Norvegia în Portugalia pentru a demonstra fiabilitatea soluției.

d) **Toyota FCHV** are cinci locuri și 186 mile (300km) autonomie și utilizează tot hidrogen la 5000psi. A pus pentru evaluare mai multe vehicule la dispoziția autorităților în Japonia și Los Angeles.

### Patru experimente cu pile de combustie la General Motors

General Motors (GM), cel mai mare producător mondial de vehicule, crede în viitorul pilei de combustie. De altfel, chiar a anunțat în 2003 că, în cel mult 10 ani, va scoate pe piață vehicule electrice propulsate cu pile de combustie, competitive tehnic și economic. Obiectivul companiei este, ca până în 2010, să scoată un sistem de propulsie la un preț sub 50\$/kW, cu o durată de viață mai mare de 5500 ore, echivalent a 160.000 km. Succesul de piață nu depinde doar de aceste performanțe, ci și de altele precum modul de producere al hidrogenului și costul acestuia, infrastructura disponibilă pentru realimentare, stocare etc. GM este însă optimist și lucrează din plin cu toate pîrghiile disponibile, prin subsidiarele sale, dar și prin companii cu care are legături strînse.

GM împreună cu subsidiara sa europeană Opel/Vauxhall au creat grupul FCA (Fuel Cell Activities - Activități pentru pile de combustie) în care a investit peste un miliard de dolari pentru dezvoltarea vehiculelor echipate cu pile de combustie. Grupul are peste 600 de angajați la mai multe locații de cercetare: Warren (Michigan-SUA) pentru cercetări de bază, Honeoze Falls (New York-SUA) pentru integrarea sistemului de pilă de combustie, nu numai în aplicații mobile, Torrance (California-SUA) pentru acționarea electrică și Mainz-Kastel (Germania) pentru sistemul de propulsie.

Vehiculul de bază, utilizat în prezent, este Hydrogen 3. El este realizat pe o platformă Opel Zafira MPV și are caracteristicile prezentate în continuare.

#### Caracteristici Hydrogen3:

Tip: cinci locuri, tracțiune față, bazată pe Opel Zafira.

Sistem de stocare: două versiuni:

a) hidrogen lichid: rezervor din oțel-inox, instalat în fața punții spate sub scaunul din spate;

- lungime/diametru: 1000/400mm
- capacitate: 68l/4,6kg
- temperatura de stocare: -253°C
- masa totală: 90kg.

b) hidrogen comprimat: două rezervoare din carbon compozit, instalate în fața punții spate sub scaunul din spate

- presiune de lucru: 700bar
- lungime/diametru:
  - rezervor1: 954/356mm
  - rezervor2: 732/239mm
- capacitate: 77,4l/3,1kg
- masa totală: 95kg.

#### Pila de combustie:

- 200 celule individuale conectate în serie
- tensiune: 125-200V
- lungime/lățime/înălțime: 472/251/496mm
- suprafața activă: 800cm<sup>2</sup>
- presiune: 1.5-2,7bar
- temperatură de lucru: 80°C
- pornire la rece: plecând de la -20°C atinge puterea maximă în 30 s
- putere: 94kW
- densitate de putere: 1,60kW/l sau 0,94kW/kg.

#### Sistemul electric de tracțiune:

- motor asincron trifazat cu variator și reductor planetar încorporat
- tensiunea de lucru: 250-380V

- puterea: 60kW
- cuplu: 215Nm
- turația maximă a motorului: 12.000 rot/min
- raport reductor: 8,67:1
- masa totală: 92kg.

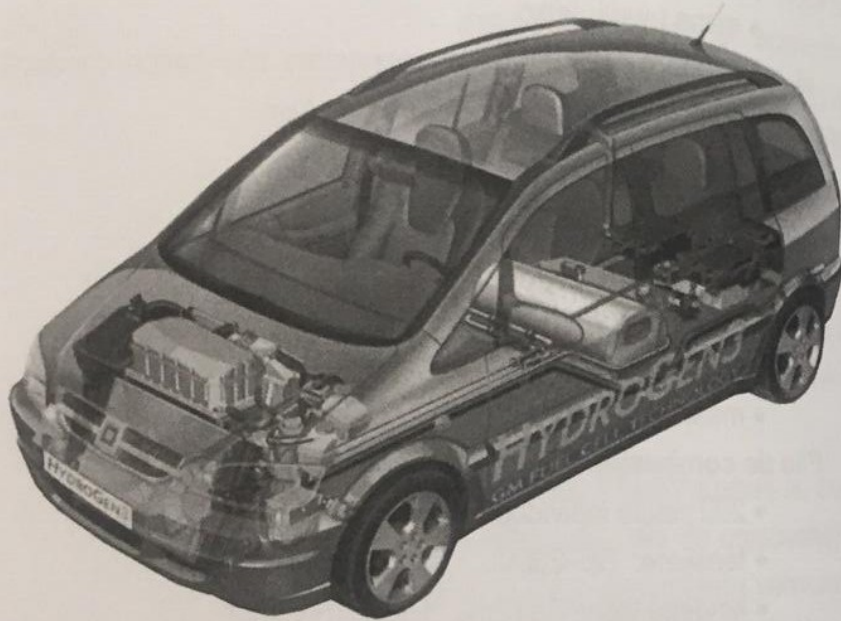


Fig. 6.1. Hydrogen 3 – organizare interioară.

**Dimensiuni/masă:**

- lungime/lățime/înălțime: 4317/1742/1684mm
- masa totală: 1590 (valoare de referință)
- scaunul spate la varianta cu hidrogen lichid este ridicat cu 25mm față de poziția de la producția de serie.

**Performanțe:**

- accelerație 0÷100km/h: 16s
- viteză maximă: 160km/h

- autonomie:
  - a) hidrogen lichid: 400km
  - b) hidrogen comprimat: 270km
- randament :
  - a) la 100km/h: peste 40%
  - b) în ciclu european: 36%

În continuare se vor prezenta câteva aplicații demonstrative GM cu aplicarea pilei de combustie:

1) *Transportul coletelor pentru Federal Express în Japonia.* GM a anunțat un parteneriat cu Federal Express(FedEx) pentru livrarea în zona Tokyo. FedEx este unul din cei mai mari transportatori cu coletărie rapidă din lume. Are 143.000 angajați în peste 45.800 locații, peste 45.000 vehicule și 640 avioane. Acțiunea s-a desfășurat în cadrul "Japan Hydrogen and Fuel Cell Demonstration Project-JHFC" (proiectul japonez demonstrativ pentru hidrogen și pile de combustie) și a fost coordonat de Ministerul Economiei, Comerțului și Industriei din Japonia pe o perioadă de 1 an începând din iunie 2003. Vehiculul GM a fost primul lansat în Japonia și a fost urmat în cadrul JHFC de vehicule de la Honda (FCX) și Toyota (FCEV).

2) *Maratonul FC.* Pentru a demonstra public capacitățile mașinii sale, GM a organizat începând cu 3 mai 2004 un maraton prin toată Europa de vest, de-a lungul a 9.696km în 38 zile. S-a plecat de la Hammerfest în Norvegia și s-a ajuns la Cabo da Roca lângă Lisabona în Portugalia. S-a trecut prin Suedia, Danemarca, Germania, Olanda, Belgia, Marea Britanie, Franța, Elveția, Austria, Italia și Spania, pe drumuri de toate categoriile, la diferențe mari de temperatură, climă și înălțime, cu viteza maximă de 160km/h și un parcurs zilnic mediu de 460km. Datorită lipsei infrastructurii de alimentare cu hidrogen,

caravana a fost însoțită de o stație mobilă de alimentare cu hidrogen lichid, furnizată de firma Linde. Durata medie de alimentare a fost de 4 minute. Nu s-au înregistrat opriri neprogramate. De-a lungul traseului a fost necesară modificarea la început a soft-ului, înlocuirea a 5 traductoare de temperatură și înlocuirea de două ori a mecanismului mecanic de parcare. Maratonul a arătat fiabilitatea soluției tehnologice în condiții reale de mers. A mai demonstrat că vehiculul are un randament ridicat (36% în ciclul european față de 22% pentru un motor diesel cu injecție directă de putere comparabilă).

3) *FC pentru US Postal Service (USPS)*. GM a închiriat un vehicul Hydrogen3 lui USPS pentru a fi utilizat la colectarea poștei în zona Washington, DC. Programul a început în septembrie 2004 și folosește prima pompă de hidrogen la o stație publică de alimentare. Un acord între GM și Shell Hydrogen stabilește ca această pompă să alimenteze flota lui GM în jurul capitalei federale. Larry Burns, vicepreședinte cu cercetarea la GM consideră că această colaborare cu USPS este benefică în faza de testare, pentru că implică a activitate zilnică, care poate demonstra publicului fiabilitatea soluției. De asemenea, USPS are o răspândire foarte largă a activităților și va permite introducerea rapidă a vehiculelor cu PC în foarte multe regiuni, permițând o evaluare foarte corectă a comportării vehiculelor. Singura condiție este introducerea unor stații de alimentare cu hidrogen.

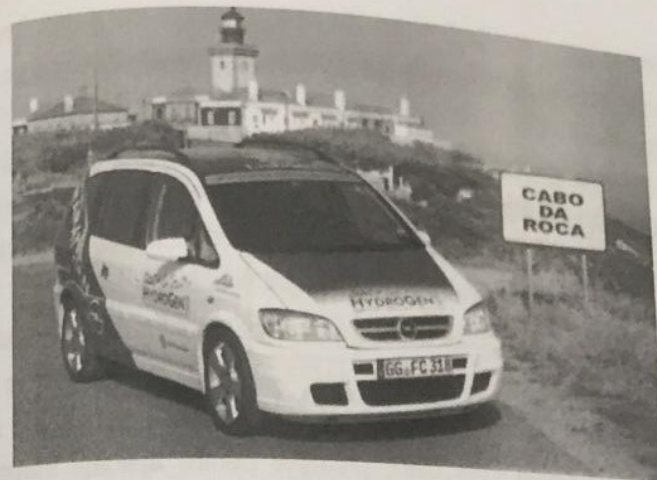


Fig. 6.2. *Hydrogen 3 pentru US Postal Service.*

4) *Aplicație staționară de co-generare*. GM a încheiat un acord cu Dow Chemicals pentru furnizarea unor pile de combustie pentru marele gigant din industria chimică. În prezența secretarului de stat pentru energie al SUA, Spencer Abraham, în primăvara lui 2004 s-a instalat la uzina lui Dow din Freeport, Texas, prima pilă de combustie furnizată de GM. Ea are o putere de 86kW și funcționează cu hidrogen obținut ca subprodus la uzina sus-menționată. În vara lui 2004 s-au instalat alte 12 unități, iar începând cu 2005 se vor instala în total 400 de unități la o putere totală de 35MW. Ele vor acoperi în jur de 2% din necesarul de energie electrică al uzinei din Freeport, dar reprezintă un mare pas înainte în utilizarea pilelor de combustie. Aceste unități de putere relativ mică se vor intercala în rețelele locale de generare a electricității. În acest fel se va evita structura actuală a sistemelor energetice, în care energia se produce în unități foarte mari și se transportă la beneficiari pe distanțe foarte lungi, producând pierderi în sistem. Este de așteptat ca pe viitor noile surse de energie, să fie instalate local aproape de

utilizatori, eventual interconectate cu sistemul public de alimentare, din care pot lua energie la nevoie, dar și în care pot trimite energie dacă au excedent.

De asemenea, pila de combustie generează căldură și apă. Acestea pot fi folosite ca auxiliare în procesele de producție industriale, de exemplu abur tehnologic. De aceea sistemul se cheamă de co-generare, pentru că dă atât electricitate, cât și căldură.

În acest cadru trebuie amintit, că pe lângă pilele de combustie de temperatură joasă, pretabile la exploatarea auto, pile denumite PEM (proton exchange membrane), există și pile de temperatură mare, SOFC (Solid Oxide Fuel Cell), pretabile pentru aplicații staționare. Acestea din urmă, au avantajul că pot folosi nu numai hidrogen foarte pur, ci și alte produse bogate în hidrogen. Ele sunt mai ieftine, mai robuste, și mai ieftin de exploatat.

Aceste aplicații prezentate nu sunt unicate. Majoritatea marilor constructori de automobile, Ford, Toyota, DaimlerChrysler etc. au în vedere aplicații cu surse noi de energie. Ele au fost doar un exemplu de preocupări în utilizarea PC.

### Elemente tampon în alimentarea vehiculelor electrice:

#### baterii sau ultracondensatoare?

La sistemele de tracțiune electrică sau hibridă, sursa primară de energie (generator electric sau pilă de combustie) este pusă în paralel cu o baterie, ca în Fig. 6.3. Sarcinile acestei baterii sunt următoarele:

- să netezească tensiunea furnizată variatorului și motorului, netezind cuplul dezvoltat
- să asigure un surplus de putere către motor la repriză

- să preia energia recuperată de motor la frânare, pe care o va restitui în perioadele de accelerare.

Principala cerință pentru o astfel de baterie este ca puterea ei să fie mare. Bateria nu este folosită propriu-zis ca sursă de energie, căci ea nu asigură tracțiunea un timp îndelungat, ci este doar un tampon

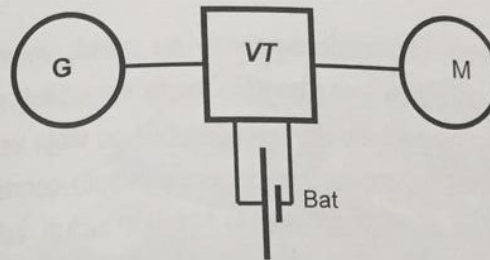


Fig. 6.1. Baterie în tampon.

folosit pentru scurte perioade de timp, atunci când puterea sursei primare (generator sau pilă de combustie) nu mai face față. Cea mai indicată baterie pentru astfel de aplicații este bateria Ni-MH, care are puterea specifică cea mai mare, în jur de 600W/kg. Încercarea de a scoate o putere mai mare duce la încălzirea excesivă a bateriei și la distrugerea ei.

O soluție, la această problemă, pare a fi ultracondensatoarele (în engleză *Ultracapacitors*). Acestea sunt condensatoare (în care dielectricul este un electrolit) care au electrozii din carbon activ poros, ceea ce determină o suprafață echivalentă foarte mare, rezultând capacități foarte mari, de nivelul 350F/2,5V la un volum foarte mic (61,5x33mm), comparabil cu condensatoarele clasice de sub 1F. La condensatoarele electrolitice stocarea energiei electrice este un proces pur fizic, pe când la baterii este un proces chimic care duce la apariția unor noi substanțe. Prefixele "super" sau "ultra" adăugate acestor condensatoare reflectă tocmai această mărire de capacitate specifică,

prin mărirea suprafeței echivalente. Rezistența internă a acestor condensatoare este foarte mică, astfel încât pot fi vehiculați curenți foarte mari fără ca dispozitivul să se încălzească, rezultând o putere specifică foarte mare, la nivelul 1500W/kg și un randament încărcare/descărcare foarte mare, în jur de 95%, cu 10% mai mare ca al bateriilor.

La aceeași putere, ultracondensatoarele au masă, volum și cost mult mai mici. De asemenea, ceea ce este foarte important, au durata de viață mult mai mare ca a bateriilor, comparabilă cu viața vehiculului, în ele neexistând practic procese chimice. De exemplu condensatorul firmei D-Cell are durata de viață estimată la 500.000 cicluri, adică în jur de 10 ani.

Dezavantajul principal al ultracondensatoarelor este energia specifică mică. De aceea ele nu pot susține timp îndelungat acest surplus de putere, deci regimul de tracțiune. De asemenea, la ora actuală tensiunea maximă este foarte mică, în jur de 2,5V, datorită electrolitului utilizat. De aceea este absolut necesară conectarea în serie a multor condensatoare pentru a se ajunge la tensiuni de funcționare de 2÷300V.

Două exemple de utilizare a surselor tampon pe alimentare se prezintă în continuare:

a) *TOYOTA PRIUS* este un autoturism hibrid. El folosește drept tampon o baterie Ni-MH. Aceasta este mai grea și mai scumpă, dar îi conferă caracteristici de tracțiune mai performante, în sensul că se poate stoca o energie mai mare la frânarea recuperativă și o perioadă mai mare de surplus de putere la accelerare. Durata de viață a bateriei este însă în jur de 2÷3 ani, iar costul ei nu foarte mic.

b) *HONDA FCX* (Fig. 6.2.) este un prototip de autoturism cu pilă de combustie. Folosește în tampon ultracondensatoare dezvoltate de Honda.

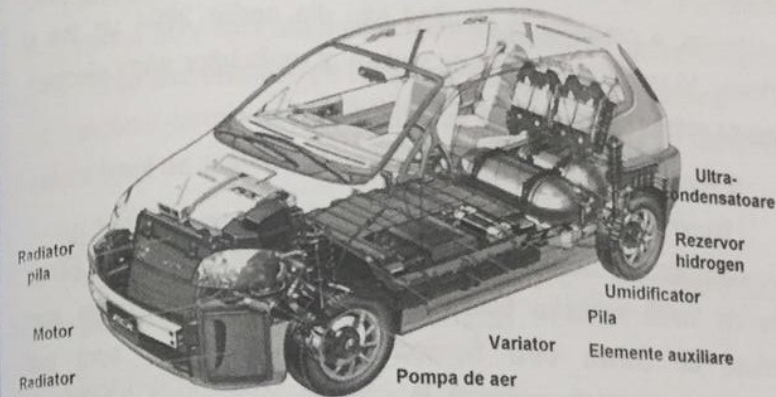


Fig.6.2 Organizare interioară la Honda FCX.

c) *Hydrogen1* este un prototip produs de Opel/GM în 2002, bazat pe modelul Opel Zafira, utilizând pilă de combustie și o baterie în tampon.

d) *Hydrogen3* este noul model de vehicul cu pilă de combustie al lui GM, la care pila este de un model avansat, performant și nu mai necesită nici un tampon.

## 6.2. TOP-UL 2004 AL PRIMELOR ZECE VEHICULE ELECTRICE

Prestigioasa revistă IEEE Spectrum, editată de Institute of Electric and Electronic Engineers (Institutul inginerilor electricieni și electroniști), cea mai prestigioasă asociație profesională a inginerilor electricieni, a prezentat în numărul său din aprilie 2004 un top al primelor 10 mașini din punctul de vedere al realizărilor părții electrice. Sinteza acestui top se prezintă în continuare.

### I) Hyundai HCD-8 Concept

(Faruri cu LED)

*Caracteristici:* unul dintre primele vehicule ce utilizează LED-uri albe de înaltă strălucire pentru realizarea farurilor. LED-rile sunt produse de Osram Opto Semiconductors GmbH și sunt mai performante deoarece: consumă la aceeași intensitate luminoasă, jumătate din puterea electrică a unui bec cu halogen (și o zecime din cea a unui bec cu incandescență obișnuit), nu au inerție optică (se aprind și sting imediat), durată foarte mare de viață (peste 10.000ore), necesită dimensiuni mai mici pentru far, sunt adecvate alimentării la 42V.

### II) 2004 Volvo XC90

(Sistem de securitate dinamică)

*Caracteristici:* previne răsturnarea prin sistemul de control al stabilității ce acționează asupra frânelor și puterii motorului.

### III) 2004 BMW Seria 5

(Sistem de securitate dinamică)

*Caracteristici:* virare activă controlată electronic (acționează asupra frânelor și asupra unghiului de direcție pentru a îmbunătăți stabilitatea în caz de urgență).

### IV) 2004 Lexus RX 400H

(Sistem de propulsie hibrid la un SUV)

*Caracteristici:*

- primul SUV care are doar acționare electrică pe puntea spate
- acționare electrică pe toate cele 4 roțile, în caz de urgență
- motorul termic merge după ciclul Atkinson (comanda supapelor produce timpi de lungime diferită).

### V) 2004 Toyota Prius

(Are tot sistemul "Hybrid Synergy Drive-HSD", ca și modelul 2002, dar cu putere și tensiune electrică mai mari)

*Caracteristici:*

- sistemul de tracțiune brevetat, HSD a fost deja prezentat
- modelul 2004 are o tensiune mărită pentru alimentarea motorului, ceea ce determină o turație maximă superioară și o putere mai mare, permițând o mai mare flexibilitate schemei
- are o nouă caroserie, cu multiple sisteme electronice pentru îmbunătățirea siguranței și a confortului.

### VI) 2005 Ford Escape

(SUV cu tracțiune hibridă integrală)

*Caracteristici:*

- primul hibrid integral construit în SUA
- dezvoltat în cooperare de Ford, Volvo și Aisin Industry (afiliat la Toyota)
- sistemul de tracțiune este asemănător cu HSD, dar este conceput independent de Ford. Pentru a evita orice controverse cu

Toyota, Ford a cumpărat de la aceasta anumite licențe în legătură cu sistemul de tracțiune.

### **VII) Ford Hydrogen Hybrid Concept**

(Hibrid cu motor termic alimentat cu hidrogen)

*Caracteristici:*

- utilizează hidrogen comprimat la 5000 psi (340 atm) ce alimentează un motor termic (spre deosebire de pila de combustie, motorul termic cu hidrogen pleacă la orice temperatură, oricât de joasă, și nu necesită timp de încălzire)
- utilizează și un motor electric.

### **VIII) 2005 Honda Inspire și Accord**

(Sistem de păstrare a benzii de circulație)

*Caracteristici:*

- folosește un sistem de păstrare a benzii (Lane Keeping Assist System) ce utilizează o cameră video plasată pe parbriz și un sistem de procesare de imagine
- în cazul părăsirii benzii, se emite un semnal de atenție. Dacă nu este luat în seamă, sistemul preia comanda volanului.

### **IX) 2005 Chevrolet Silverado Hybrid**

(Camionetă de tip hibrid ușor)

*Caracteristici:*

- folosește un sistem de alimentare la 42V, cu 3 baterii de 12V și un sistem integrat alternator/demaror
- încarcă bateriile la frânare recuperativă
- oprește motorul la mers în gol și pleacă pe baterii
- are un invertor alimentat din baterii ce dă o tensiune alternativă de 110V/20A pentru alimentarea unor scule de mână sau bunuri

electrocasnice. Cu motorul pornit și rezervorul plin merge 32 ore. Se oprește automat când mai are 2 galoane de combustibil, suficiente pentru a ajunge la o stație de benzină.

### **X) 2002 Toyota Crown Royal**

(Sistem electric pe 42V)

*Caracteristici:* introdusă în octombrie 2002, este singurul vehicul comercial cu componente pe 42V; este un hibrid ușor.

Este de remarcat că din cele 10 modele alese, 5 reprezintă vehicule hibride. Alegerea a stârnit și dispute. Revista Automotive Industries consideră că în pofida faptului că au consum și emisii reduse, hibridele au o serie de dezavantaje printre care:

- greutate mai mare (au suplimentar baterii, motoare electrice etc.)
- spațiu disponibil mai mic, ocupat de echipamentele de mai sus
- funcționare complicată, necesitând un control complex pentru funcționarea în tandem a celor două motoare: electric și termic
- prețul; se consideră că Toyota vinde Prius sub costuri (de aceea producția este limitată, pentru a limita pierderile).

Ultimul argument privind prețul, este discutabil, deoarece Toyota declară că este în câștig cu Prius. Producția în SUA se estimează la 150.000 unități/an, și există liste de așteptare. Alte firme cum sunt Honda, Ford, Hyundai lansează și ele modele în mod comercial.

Concluzionând, analizând considerațiile principalilor actori în domeniu se poate spune că:

- ☞ soluția finală pentru reducerea poluării și a consumului nu este clar evidențiată încă
- ☞ la un orizont de 10÷15 ani, motoarele cu ardere internă vor fi încă principalul actor pe piață

- ☞ soluția de viitor, la nivelul a 15+20 ani, pare a fi vehiculul electric cu pilă de combustie
- ☞ soluția în viitorul apropiat și mediu o formează pentru europeni motorul diesel turboalimentat și filtru de particule
- ☞ pentru japonezi și americani, soluția pe termen scurt și mediu este reprezentată de vehiculele hibride.

## CAPITOLUL 7

### 7.1. ȘI NOI IUBIM AUTOMOBILUL ELECTRIC

#### Preocupări și realizări românești

Interesul comunității științifice și tehnice din România pentru automobilul electric datează de mai bine de 30 ani. Lucrările unor inventatori entuziaști s-au finalizat cu modele experimentale de biciclete electrice, scutere, tricicluri, chiar și vehicule cu 4 roți.

Începând din anii 1970, la Institutul de Cercetări Electrotehnice, în laboratorul condus de Sigismund Șlaiher, s-a creat un colectiv care, sesizând tendințele pe plan mondial, a încercat să se mențină în direcțiile cercetării de vârf. Este evident că dacă proiectele elaborate în acei ani ar fi fost tratate cu atenția cuvenită, acum în România ar fi putut să fie fabricate vehicule electrice competitive, capabile să pătrundă pe piața internă și externă.

Trebuie să amintim motoreta electrică (Fig. 7.1.), concepută și realizată de Sigismund Șlaiher, cu care acesta circula zilnic, pentru a-i dovedi fiabilitatea și eficiența. Sistemul de propulsie a fost realizat cu motor de curent continuu cu rotor disc și magneți permanenți metalici, plasat în roată, realizat după o soluție originală brevetată.



Fig. 7.1. Motoreta electrică - ELMO

Tot în domeniul auto, dar ca motoare de acționare principală la electrovehicule, au fost concepute și realizate motoarele cu întrefier axial și rotor disc din seria MRDV cu puteri nominale între 450÷6200W. La un gabarit și greutate reduse aceste motoare, realizate într-o serie de 4 tipodimensiuni, prezentau avantajul de a permite reglajul turației și, implicit, al vitezei electrovehiculului în 2 trepte prin legarea în serie sau paralel a rotarelor disc ale motorului. Soluțiile utilizate pentru

construcția sistemelor de propulsie au constituit obiectul unor brevete în țară și străinătate.

În afară de aceste prototipuri de motoare electrice, colectivul a promovat până în anul 1989, mai multe soluții de sisteme de propulsie, cu motoare de curent continuu cu colector, cu rotor cilindric sau cu rotor disc, toate eficiente din punct de vedere al caracteristicilor tehnice.

În anii 1990, Laurențiu Vătafu, continuând cercetările desfășurate în acest colectiv, a realizat un prototip al unui triciclu electric (Fig. 7.2.), prototip prezentat cu mult succes la târgurile și

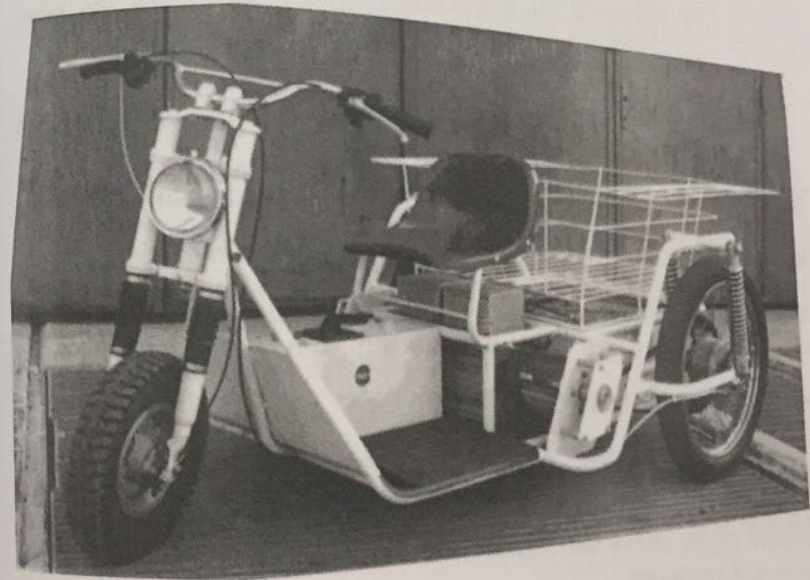


Fig. 7.2. Triciclu electric.

expozițiile din țară în perioada 1991-1992.

Caracteristicile tehnice principale ale triciclului electric sunt:

- sarcina utilă (inclusiv conducătorul): 200kg
- masa netă (exclusiv sarcina și bateriile): 150kg
- autonomie urbană: cca 2h
- viteza maximă: 25km/h
- panta maximă: 8°
- raza minimă la virare: 2m
- transmisie prin lanț.

Triciclul a fost realizat în mai multe variante de echipare cu sistem de propulsie:

- cu 2 motoare sincrone autopilotate, alimentate de la un bloc de comandă ce asigură funcționarea lor optimă (de cuplu 4Nm)
- cu 2 motoare de c.c. cu rotor cilindric și magneți permanenți cu variante de acționare: directă și prin intermediul unui bloc de comandă.

În afară de prezentările realizate la sesiunile științifice, târguri sau expoziții, triciclul a fost testat timp de 6 luni, la Palatul Parlamentului, pentru transportul de marfă.

Din păcate, deși a produs un real interes printre potențialii utilizatori sau în mediile academice, proiectul nu și-a găsit finanțare pentru a fi continuat.

Dacă vorbim de realizările din România în domeniul vehiculelor electrice, este imposibil să nu prezentăm activitatea entuziastă a inginerului Justin Capră. Având zeci de brevete de invenții și inovații, a realizat, singur sau în colaborare, mai mult de 50 de vehicule electrice.

Este greu ca în câteva cuvinte să prezentăm toate realizările lui Justin Capră, modelele de vehicule electrice pe care le-a executat și le-a condus chiar el, încercând să sensibilizeze opinia publică în acest domeniu. O să încercăm să amintim câteva din acestea:



Fig. 7.3. Miniautomobil electric / 1975.

- ❖ miniautomobilul electric fabricat la Institutul de Cercetări Electrotehnice în anul 1975 (Fig. 7.3.) cu 2 motoare cu rotor disc alimentate de la baterii de 48V, autonomie 60km, viteza maximă 40÷50km/h
- ❖ motoretă electrică realizată în anul 1976 (Fig. 7.4.), alimentată de la 2 baterii de 110Ah/24V, autonomie 92km, viteza maximă 30km/h

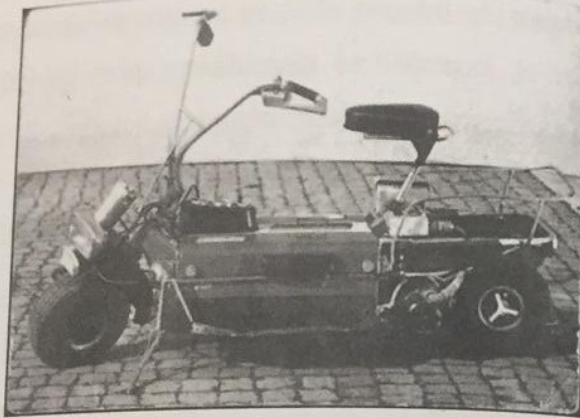


Fig. 7.4. Motoretă electrică / 1976.

- ❖ motoreta electrică realizată în anul 1978 (Fig. 7.5.), cu baterii Cd/Ni 45Ah/24V, autonomie 60÷70 km, viteza maximă 30km/h



Fig. 7.5. Motoretă electrică / 1976.

- ❖ vehicul cu tracțiune electrică hibridă construit la firma VESTA, echipat cu motor electric tip MPR650 (Fig.7.6.), realizat în anul 2005 la Institutul de Cercetări Electrotehnice, alimentat de la

baterii de 90Ah/24V, autonomie 200÷300km, viteza maximă 60km/h, funcționare continuă, limitată numai de rezerva de combustibil pentru viteză mai mică de 40km/h.

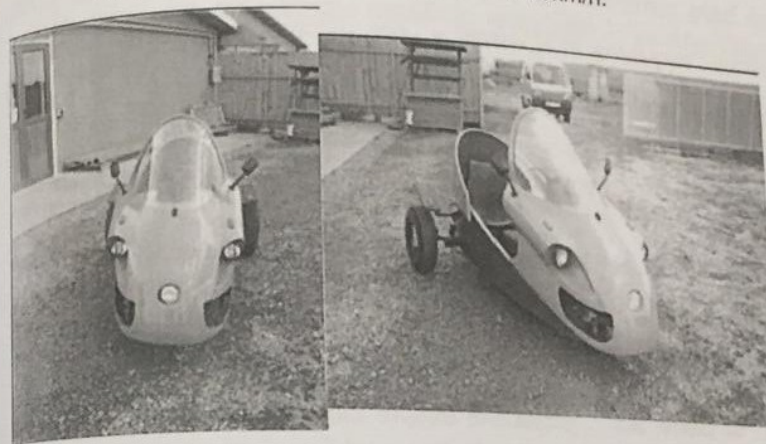


Fig. 7.6. Motoretă electrică 1976.

După anul 1990, deși în lume cercetările în domeniu au luat un avânt deosebit, finanțarea haotică a cercetării din țară precum și lipsa interesului autorităților centrale și locale față de problematica protecției mediului, nu au permis lansarea unui program coerent de cercetare în domeniu. Colectivul de autori, ne asumăm inițiativa renașterii interesului pentru automobilul electric în România, prin câteva acțiuni substanțiale: constituirea *CONSORȚIULUI* pentru promovarea EV, format din institute de cercetare, universități, companii și organizații cu preocupări directe sau tangențiale cu domeniul EV, aplicarea cu succes a mai multor proiecte de R&D în cadrul Programului Național de Cercetare-Dezvoltare și Inovare (PNCDI) precum și la Comisia de specialitate a EU de la Bruxelles, Organizarea Workshop-ului anual de

la Pitești dedicat automobilului electric, ajuns în 2005 la a cincea ediție, realizarea mai multor modele fizice de vehicule electrice, colaborarea pe baze comerciale cu firme străine prestigioase din domeniul auto, pentru realizarea în România a unor sisteme electrice de propulsie care să echipeze automobilele acestora, constituirea pe bazele **CONSORȚIULUI EV** a unei asociații profesionale cu personalitate juridică, numită AVER, pentru concertarea eforturilor românești în scopul alinierii la tendințele mondiale pentru dezvoltarea durabilă a transportului de suprafață.

În ultimii ani, proiectele despre care aminteam mai sus, s-au concretizat în realizări remarcabile din punct de vedere al performanțelor tehnice. Încercând să trezim interesul fabricanților și autorităților locale și guvernamentale, am realizat mai multe prototipuri, cu accent pe sistemul de propulsie, pentru a demonstra capacitatea de a oferi un produs competitiv. În acest sens, se pot aminti mai multe proiecte, finalizate în anul 2004 sau în curs de realizare de către autori, la Institutul de Cercetări Electrotehnice, în colaborare cu mai mulți parteneri.

## **Integrarea vehiculelor electrice în sistemul Car Sharing din București.**

În ultimii ani, se constată modificări importante în privința pieței transporturilor. Cererea de transport a evoluat și evoluează în mod semnificativ, în special pe următoarele planuri :

- cantitativ, prin creșterea distanței medii zilnice parcurse (de exemplu, în Belgia, aceasta este de 33 km/zi)
- calitativ, prin exigență sporită pentru confort, fiabilitate, viteză comercială
- distribuția zilnică a călătoriilor (de exemplu, în Belgia, vârful de transport de dimineață între orele 7 și 9 nu reprezintă decât circa 20 % din totalul deplasărilor zilnice, iar călătoriile pentru cumpărături reprezintă 19 % din total, față de cele de domiciliu - loc de muncă, cu pondere de 22 %; în România, în orașele mari, conform rezultatelor sondajelor efectuate [18], ponderea deplasărilor spre locul de muncă este de cca 25%, a deplasărilor în scop personal 14 %, iar a deplasărilor pentru cumpărături 6%.

Orașele sunt tot mai congestionate de traficul motorizat, datorită zgomotului și al poluării. Spațiul rezervat deplasării vehiculelor devine insuficient, deși se aplică tot mai multe măsuri de reducere a emisiilor degajate din țevile de eșapament, problema spațiului destinat transportului devine tot mai acută. Parcarea ilegală devine o practică curentă în marile orașe. Orice îmbunătățire oferită pietonilor presupune

și abordarea acestei probleme. Proiectele de creare a unor spații verzi vin în contradicție cu cele legate de spațiile de parcare.

În toate țările industrializate, mai cu seamă în țările Uniunii Europene, se remarcă amploarea pe care riscă să o atingă degradarea mediului înconjurător, iar agresivitatea procesului de degradare a mediului și efectele acestuia se concentrează în mediul urban. Din aceste cauze, legislația de mediu în aceste țări este din ce în ce mai austeră în ceea ce privește nivelul concentrației noxelor și al impunerii tehnologiilor care au drept scop reducerea impactului transportului urban asupra mediului, iar România – prin procesul de integrare în structurile EU – este obligată să urmeze aceleași direcții de acțiune.

Valoarea costurilor externe anuale datorate transportului într-un oraș european de dimensiuni medii depășește cu mult valoarea de 1 miliard de euro. Principalul factor negativ în această ecuație este transportul cu automobilul particular, care a atins deja valori alarmante.

De asemenea, cercetările efectuate atât în Europa, cât și în America și Asia au demonstrat faptul că majoritatea autoturismelor proprietate personală nu sunt folosite în mod eficient, perioada de staționare este exagerat de mare în comparație cu timpii de utilizare. Din această cauză, pentru a se obține efecte cât mai evidente, trebuie să se acționeze concertat prin aplicarea mai multor soluții, atât de ordin tehnic, cât și organizatoric.

Este evident, că soluția pentru oprirea degradării mediului și creșterea calității vieții în marile orașe, legată de transportul urban, nu este simplu de aplicat, trebuie să se acționeze pe mai multe planuri,

treptat, ținând cont de condițiile economice existente și de factorul subiectiv (uman), care, în general, se opune la schimbărilor radicale în domenii în care au rămas obiceiuri vechi.

Din punct de vedere al eliminării noxelor datorate transportului în mediul urban, este evident că ar fi o singură soluție (pentru orașele mari): transportul cu vehicule electrice, atât cu vehicule proprietate personală, cât și transport în comun.

Car sharing constituie o inițiativă prin care se asigură transportul individual de persoane la un preț convenabil și fără ca pasagerul să fie obligat să achite diverse taxe și impozite impuse proprietarilor de autoturisme. Sistemul constă în punerea la dispoziție a unor vehicule ce sunt dispersate în diferite puncte de staționare .

Sistemul car sharing se adresează în principal :

- ◆ persoanelor care conduc automobilul personal mai puțin de 15.000 km pe an
- ◆ persoanelor care au carnet de conducere, dar nu au un autoturism propriu
- ◆ familiilor care dețin un autoturism și care renunță la cumpărarea unui al doilea autoturism în favoarea car sharing-ului
- ◆ persoanelor care dețin autoturism propriu, dar care utilizează mai mult transportul public urban
- ◆ oamenilor de afaceri și întreprinderilor mici și mijlocii private.

Sistemul de servicii „electric car sharing” se adresează aceluși utilizatori, cu unele particularități tipice legate de utilizarea vehiculelor electrice; în plus, serviciile electric car sharing sunt destinate persoanelor a căror preocupare privind un mediu curat este o prioritate.

În momentul în care în sistem sunt introduse vehiculele electrice, cu toată infrastructura aferentă, utilizatorul este degrevat de problemele specifice, legate în special de sursele de alimentare și de reparațiile eventuale ale vehiculului, acestea fiind asigurate de operatorul de servicii car sharing.

Soluția tehnică realizată împreună cu RATB (Regia de Transport București), a unui model experimental de vehicul electric, cu motor de curent continuu cu magneti permanenți din pământuri rare, a

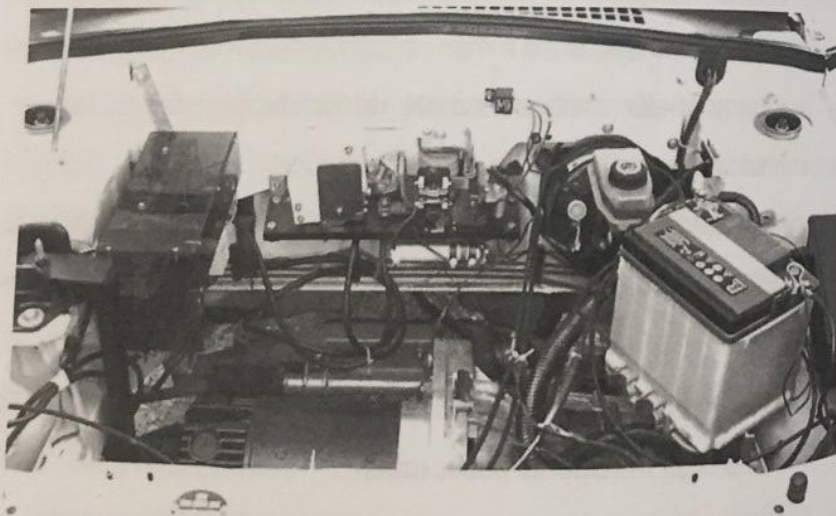


Fig. 7.7. Sistem electric de propulsie.

reprezentat un succes în momentul demonstrării soluției. Imaginea din Fig. 7.7 prezintă un detaliu al sistemului electric de acționare, motorul electric remarcându-se jos, în centrul imaginii.

Aplicarea sistemului impune desigur găsirea unor investitori, dar și promovarea unei legislații naționale adecvate, pe care sperăm să o putem pune în discuție prin intermediul AVER – Asociația pentru Promovarea Vehiculelor Ecologice din România.



Fig. 7.8. Automobil românesc, echipat cu sistem de propulsie electrică.

Caracteristicile tehnice ale sistemului de propulsie :

- motor de c.c. cu magneti permanenți din pământuri rare,  $P=10$  kW și turație maximă  $n=2000$  rpm
- tensiune de alimentare: 180 V
- convertor electronic
- frânare recuperativă.

Probele au fost efectuate timp de 4 luni. Experimental, pentru vehicul s-au obținut următoarele performanțe:

- viteza maximă: 80 km/h ( sarcină utilă 250 kg) și 65 km/h (sarcină utilă 350 kg)
- autonomie: 100 km.

### Vehicul electric ușor (LEV) cu utilizări multiple

Caracteristicile tehnice ale ansamblului, realizat pe o platformă disponibilă (Fig. 7.9. și Fig. 7.10.), fără relevanță asupra viitorului design al LEV – conform rezultatelor obținute pentru modelul experimental, care a fost supus probelor funcționale timp de mai multe luni – încadrează vehiculul în categoria produselor de vârf (chiar în comparație cu cele oferite de firme din USA sau EU ):

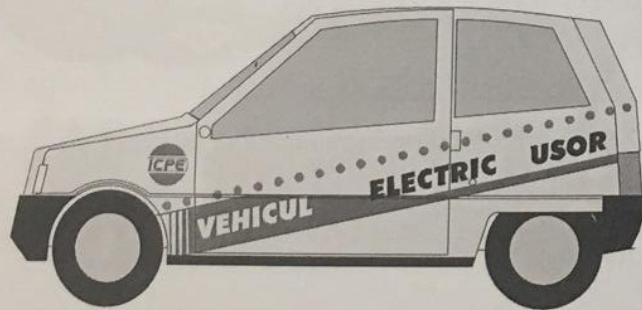


Fig. 7.9. Vehicul electric ușor – LEV.

### SISTEMUL PROPULSOR AL VEHICULULUI

- Motor electric de curent continuu cu magneți permanenți din pământuri rare:

- putere nominală (în regim S1 unioară):  $P=2,5\text{kW}$
- turația maximă:  $n=2000\text{rot/min}$
- curent nominal:  $I=25\text{A}$
- tensiune electromotoare la 1000 rot/min:  $K_E=55\text{V} \pm 10\%$
- cuplul cu rotorul blocat:  $M=13\text{Nm}$ .

- Convertor electronic cu IGBT alimentat la 120V c.c.

### CARACTERISTICI ASIGURATE DE VEHICUL:

- sarcină utilă: max. 200 kg
- capacitate: 2 persoane
- masă proprie vehicul: max. 400 kg
- alimentare: 120 V, 10 baterii 12V / 80 Ah
- viteză maximă: 50 km/h
- autonomie: aprox. 4 ore
- pantă maximă: 12%.

### DOMENII DE UTILIZARE:

- ✓ aeroporturi, gări
- ✓ expoziții
- ✓ întreprinderi mari (hale industriale și alei de acces)
- ✓ centre comerciale pe spații întinse
- ✓ terenuri de golf
- ✓ parcuri de distracții
- ✓ terenuri sportive (complex sportiv)



Fig. 7.10. LEV cu utilizări multiple.

✓ deplasarea persoanelor în centrul orașelor unde este interzisă circulația vehiculelor clasice.

### Sistem de propulsie hibridă pentru automobilul românesc ARO SPARTANA

Sistemul de propulsie hibridă dezvoltat pe o platformă ARO Spartana a fost echipat cu un motor fără perii (brushless) de 10kW/3000rot/min, într-o realizare tehnică de excepție. Acest motor, care poate fi exploatat și în regim de generator pentru frânarea vehiculului cu recuperarea parțială a energiei, prezintă o construcție pan-cake, sub forma unei "coji" de mașină electrică, cu lungime de numai 70 mm și diametru de 320 mm. Imaginea din Fig. 7.11. prezintă

ansamblul hibrid la montaj și un detaliu al motorului electric descris mai sus.

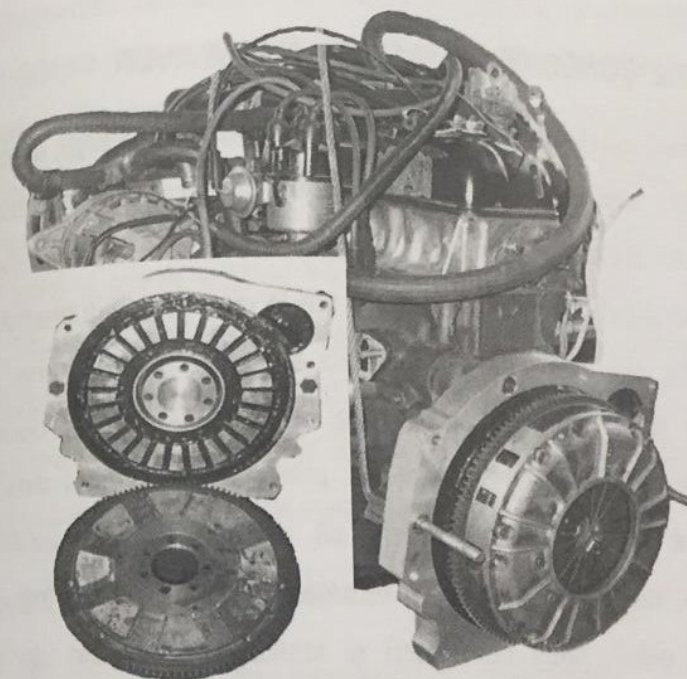


Fig. 7.11. Mașină electrică de tip brushless pentru un sistem de propulsie hibridă.

Alte proiecte interesante precum:

- acționarea electrică a unei ambarcațiuni ușoare
- echiparea cu sistem de propulsie electrică a unui microbus din incinta unui mare complex expozițional din București
- promovarea mijloacelor de transport ecologice în Rezervația Biosferei Delta Dunării

completează preocupările românești în domeniul EV.

## 7.2. CONSORȚIUL EV ȘI ASOCIAȚIA AVER

Institutul de Cercetări Electrotehnice - ICPE București, a inițiat în anul 2001 formarea unui consorțiu pentru promovarea în România a vehiculelor ecologice, în general, și a automobilelor electrice în special.

Înțelegând importanța pe care o are în viitor protecția mediului, ca una dintre cele mai acute problematici ale lumii contemporane, ICPE încearcă să-și adapteze programele de cercetare noilor necesități legate de oprirea degradării mediului, prin încurajarea unor direcții de dezvoltare durabile. Este evident că viitorul aparține vehiculelor ecologice, automobilul electric reprezentând o soluție viabilă. Întrucât în România există mulți cercetători și instituții preocupate de acest domeniu, cu rezultate remarcabile obținute în ultimii ani, am considerat că au apărut condițiile prielnice pentru concertarea și concentrarea eforturilor echipelor de lucru din țară, în scopul promovării unor proiecte de anvergură, cu finanțare din partea programelor naționale de cercetare și din partea comisiei EU pentru cercetare, precum și pentru sensibilizarea autorităților la nivel local și guvernamental, pentru a se adopta legislația necesară promovării domeniului.

CONSORȚIULUI EV, organizat pentru promovarea în România a transportului cu vehicule ecologice, cuprinde universități cu preocupări în domeniu, institute de cercetare, firme din industria auto românească,

precum și alte organizații interesate în promovarea transportului ecologic.

Obiectivele consorțiului se referă, în principal, la sensibilizarea opiniei publice și a autorităților centrale și locale privind necesitatea promovării și a susținerii transportului ecologic și, de asemenea, la structurarea unor echipe de lucru dintre membrii consorțiului, care să promoveze proiecte de succes în domeniul transportului ecologic.

Pentru a putea acționa într-un cadru instituționalizat, pentru a putea finaliza acțiunile la nivel național, am decis împreună cu partenerii noștri crearea pe baza *CONSORȚIULUI EV*, a "Asociației pentru Promovarea Vehiculelor Ecologice în România" – *AVER*, care din toamna anului 2005 își va începe activitatea.

## 7.3. ÎNTÂLNIRI TRADIȚIONALE LA PITEȘTI

Este o tradiție pentru membrii consorțiului EV, dar și pentru foarte mulți alți participanți, persoane fizice sau organizații, să se întâlnească la Pitești, într-un loc foarte pitoresc pe malul Argeșului, la Workshop-ul organizat anual, în prima săptămână a lunii octombrie. Dacă am reușit să creăm această tradiție, este meritul tuturor celor care s-au implicat, dar în mod special aducem mulțumirile noastre Grupului Componente Auto – GIC din Pitești și generosului său director general ing. Gheorghe Badea, precum și Comisiei de Manifestări

Științifice a Ministerului Educației și Cercetării, fără sprijinul cărora nu am fi putut ajunge aici.

Cu ocazia Workshop-ului, în afara tutorialelor susținute de experți, a lucrărilor științifice sau tehnice, se organizează o expoziție și se fac demonstrații cu vehicule electrice. În acest fel, se fac cunoscute cele mai noi preocupări și realizări și, totodată, invitații au ocazia să constate că și în România se pot face produse de succes.

În fiecare an, demonstrațiile cu vehicule electrice au trezit un interes deosebit, realizările fiind reflectate cu generozitate de mass-media atât pe plan local, cât și în presa centrală, dar și de către unele televiziuni naționale. Cu ocazia unei prezentări din anul 2003 s-a realizat și un sondaj printre telespectatorii postului Prima TV, privind dorința de a achiziționa un automobil electric. Peste 80 % din telefoanele primite au fost în favoarea cumpărării unui automobil electric dacă ar putea fi achiziționat la un preț acceptabil.

Edițiile de până acum ale Workshop-ului au avut următoarele tematici:

EV-2001 - *"Automobilul electric - Realități, mentalități, deziderate"*

EV-2002 - *"Automobilul electric - Soluția viitorului pentru orașe curate"*

EV 2003 - *"Propulsia hibridă"*

EV 2004 - *"Suntem pregătiți pentru automobilul electric?"*

EV 2005 - *"Automobilul electric"*

Albumul anexat prezintă instantanee sugestive ale întâlnirilor de la Pitești.

În concluzie,

***Suntem pregătiți pentru automobilul electric?***

Desigur acum NU, dar prin eforturi comune putem determina o schimbare atât la nivelul individual al potențialului utilizator dar și la nivelul autorităților locale și guvernamentale.

## BIBLIOGRAFIE

- [1] C. C. Chan, „The state of the art of electric and hybrid vehicles”, *Proceedings of the IEEE*, vol. 90, nr. 2, februarie 2002, pag. 247-275.
- [2] C. C. Chan and K. T. Chau, *Modern electric vehicles technology*, Oxford University, Londra, Marea Britanie, 2001.
- [3] H. Kahlen și G. Maggetto, *Electric and hybrid vehicles*, Proceedings of 7th European Conference on Power Electronics and Applications, Trondheim, Norvegia, 8-10 septembrie, 1997, pag. 30-54.
- [4] D. Naunin ș. a., *Elektrische Strassenfahrzeuge, Technik, Entwicklungsstand und Einsatzgebiete*, 2. Auflage, Expert Verlag, Renningen-Malmsheim, Germania, 1994.
- [5] Proceedings of 18th International Electric Vehicles Symposium, Berlin, Germania, 20-24 oct., 2001
- [6] Henry Oman: Batteries for "Grid Dependent" Cars and Hybrid Electric Vehicles, *IEEE AES Systems Magazine*, May, 2001
- [7] John M. German: Hybrid Power Vehicles, SAE, 2002

- [8] Grigore Danciu, Mihaela Chefneux, Virgil Racicovschi: State of Art and Future Concerns on Electric and Hybrid Vehicles in Romania, Conferința EUROPEAN ELE – DRIVE TRANSPORTATION, Estoril, Portugalia, 2004
- [9] Henry Oman: Energy Sources for the World's Post Petroleum Era,
- [10] Jan Murray: O strategie energetică pentru competitivitate globală. Reflecții ale Consiliului Mondial al Energiei, *Mesagerul Energetic* nr. 45/2005, București
- [11] Commission of the European Communities: WHITE PAPER-European Transport Policy for 2010: *Time to decide*, Brussels, 2001
- [12] Commission of the European Communities: GREEN PAPER-Towards a European strategy for Energy Supply Security, Brussels, 2000 (includ. annexes)
- [13] Shell International. Global Business Environment: Energy Needs, Choices and Possibilities. EXPLORING the Future. Scenarios to 2050, 2001
- [14] United Nations Framework Convention on Climate Change, Kyoto, 1997
- [15] Lisbon European Council: EU Strategic Goal, March 2000, Lisbon
- [16] European Environment Agency: Environment on the Turn of the Century, Brussels, 1999

- [17] Al Qassab, H.M. Fitzmaurice: Environmental challenges associated with hydrocarbon production, Geophysical Research Abstracts, Volume 3, 2001 (completat cu informații din " Climates, palaeoclimates and atmospheric chemistry: global warming issues for the 21st century" și "Anthropogenic influences on the scale and frequency of natural disasters" din același volum)
- [18] Florin Dragomir: Sistemul Car Sharing în Europa și în România. Utilizarea vehiculelor electrice în acest sistem. Ediția a III-a a Workshop-ului " Vehicule Electrice", Pitești, oct. 2003.
- [19] Virgil Racicovschi, Grigore Danciu, Mihaela Chefneux: Contribuții la Dezvoltarea Națională Durabilă prin Promovarea Programului în Domeniul Sistemelor de Propulsie Electrice de Mică Putere, Conferința Regionala a Consiliului Mondial al Energiei, WEC - FOREN-2004, Neptun, iunie 2004
- [20] Aurelian Crăciunescu, Virgil Racicovschi: Automobilul electric - O soluție pentru utilizarea rațională a energiei și reducerea poluării urbane, Conferința Națională a Energiei, FOREN-2002, Neptun, iunie 2002
- [21] Virgil Racicovschi: Automobilul electric-soluția viitorului pentru orașe curate, Ediția a II-a a Work Shop-ului "Vehicule Electrice", Pitești, oct. 2002
- [22] Virgil Racicovschi: Realizări ICPE în domeniul automobilului electric, Ediția a III-a a Work Shop-ului " Vehicule Electrice", Pitești, oct. 2003
- [24] Mihaela Chefneux, Virgil Racicovschi: Considerații privind posibilitatea promovării LEV în România, Ediția a IV-a a Work Shop-ului "Vehicule Electrice", Pitești, oct. 2004
- [25] EPA National Vehicle and Fuels Emissions Labs.: Electric Vehicles, EPA 400-F-92-012, Plymouth Road, 1994
- [26] Dietrich Naunin: Modern Drive System for Electric Vehicles, Ediția a III-a Workshop-ului "Vehicule Electrice", Pitești, Oct.2003
- [27] Thierry Dubois: Les deux atouts des hybride: autonomie et CO2, S&V no.90/2005, Paris
- [28] Virgil Racicovschi: Report on the Second Edition of the Workshop on Electric Vehicles, EVWorld, Nebraska, 30 oct. 2003
- [29] Bill Moore: PRIUS: The Next Generation, EVWorld, Nebraska, 28 Sept. 2003.
- [30] Bill Moore: EV's of EVS 20. The twenty best electric vehicles in EVS 20 Show - Long Beach, EVWorld, Nebraska, 28 Sept. 2003
- [31] Christian Science Monitor: Ford announced it would wade into the hybrid gas/electric market with Hopping Aboard Hybrids, Aug. 2002
- [32] Badin F. șa: Hybrid Vehicles, Should We Plug Them to the Grid?, EVS 18, Berlin, 2001.
- [33] Roger Dettmer: Hybrid Vigour, IEE REVIEW, Jan. 2001
- [34] Lester B.Lave, Heather L.MacLean: Are Hybrid Vehicles Worth it?, IEEE Spectrum, Mar., 2001.
- [35] Michael J. Riezenman: The EV Future, IEEE Spectrum, Nov. 1998

- [36] Craig B. Toepfer: Charge! EVs Power up for the Long Haul, IEEE Spectrum, Nov.1998
- [37] Lorant Nagy şa: Brushless Motor Drives in Vehicle Application, Automotive Electrical Equipment Conference, Braşov, 2002
- [38] Alessandra Chiappero şa: Driving by Wire, Global Design News, no.47, Oct. 2001
- [39] Hyeoun-Dong Lee şa: Torque Control Strategz Parallel Hybrid Vehicle Using Fuzzz Logic, IEEE Industry Application Magazine, Nov/Dec. 2000
- [40] Rick De Meis: Honda's Hybrid Hits the Streets, Global Design News, no.58, Oct.2000
- [41] Jaques Laeuffer: Automotive Requirements for Power Electronic Converters in Traction Advanced Control Systems. From State of Art to Future Trends ( PSA Peugeot Citroen ), PCIM, 2001
- [42] Honda Insight, [www.insightcentral.net](http://www.insightcentral.net)
- [43] Toyota Prius, SAE International, [www.howstuffworks.com](http://www.howstuffworks.com)
- [44] Mihai Octavian Popescu, Claudia Popescu: Automobilul Electric, Ediția a II-a a Workshop-ului "Vehicule Electrice", Piteşti, oct. 2002
- [45] Gheorghe Badea: Automobilul Electric Între Realitate şi Perspective, Prima Ediție a Workshop-ului "Vehicule Electrice", Piteşti, oct. 2001
- [46] Stuart Smedley: Zinc Air Fuel Cell for Industrial and Specialitz Vehicles, IEEE AES Systems Magazine, Dec.2000
- [47] Grigore Danciu: Automobilul Electric.Prezent şi Perspective, Prima Ediție a Workshop-ului "Vehicule Electrice", Piteşti, oct. 2001

- [48] Henry Oman: Electric Car Progress, IEEE AES Systems Magazine, June 2002
- [49] Proiect PNCDI - RELANSIN : „Vehicul electric usor cu utilizari multiple”
- [50] Proiect PNCDI – AMTRANS: „Instalatie pilot pentru transportul în comun alternativ ecologic – Electruc CAR SHARING”

## LISTA ABREVIERILOR

- TMV** Vehicul cu motor termic  
**EV** Vehicul electric  
**LEV** Vehicul electric ușor  
**HEV** Vehicul electric hibrid  
**GHG** Gaze responsabile pentru efectul de seră  
**PV** Surse de energie fotovoltaice  
**RES** Energii regenerabile  
**IEA** Agenția Internațională pentru Energie  
**ITRE** Comitetului pentru Industrie, Cercetare și Energie din  
Parlamentul European

## Romanians Host EV-2002 Conference

Romanian institutions and businesses gather for second annual workshop on electric vehicle technology. Photo of capital, Bucharest.



ANEXĂ

By Dr. Virgil Racicovschi

### Report on proceedings of two-day workshop.

October 24, 2002

The Research Institute for Electrical Engineering - ICPE sa Bucuresti organized in Pitesti city, together with CAR SUBASSAMBLIES sa - Pitesti, over the period 3 - 4 October 2002, the second edition of the Work Shop "EV-2002", dedicated to the electric motor cars and ecological transport in Romania.

This year edition took place under the title "ELECTRIC CAR-FUTURE SOLUTION FOR CLEAN TOWNS".

The event was cofinanced by the Ministry of Education and Research and was organized with the support of RATB, ARO-Campulung, Batteries CARANDA, VARTA, ICPE-ACTEL, TEHNOSOFT, Technological Transfer Center CTTIE Bucuresti.

According to all studies and statistic reports elaborated by specialized organizations and companies as well, especially those in the field of energetic resources, materialized in various documents promoted at the international level, the main source of the CO2 emission increase in the atmosphere between 1985-2000 is represented by the thermal motor-based transport which stands for 47% of the total increase for the respective period; consequently 40% of the total amount of CO2 emissions that influence the climatic changes are generated by the transport inside the towns. It is stated, in a very suggestive way, that "the transport, especially the road one, has become the victim of its own success".

The "EV CONSORTIUM", organized for the promotion of the ecological vehicle transport in Romania, includes universities with concerns in this field, research institutes, companies from the Romanian car industry, as well as other organizations interested in the ecological transport promotion.

The consortium objectives mainly refer to the way of making sensitive the public opinion, the central and local authorities relative to the necessity of promoting and supporting the ecological transport, as well as to the organization of some working teams from the members of the consortium that should promote successful projects in the field of the ecological transport within the national or European R and D programs, objectives that have also been considered on the occasion of "EV-2002".

On the occasion of the Work Shop there were presented several tutorials of a large interest, namely:

- Modern Drive Systems for Electric Vehicles - A Challenge for Electrical Engineering - Prof.dr. Dietrich Naunin, Technical Univeristy from Berlin, President of German Electric Vehicles Association;
- Electric and Hybrid Vehicles - an overview - Prof.dr. Aurelian Craciunescu, "Politehnica" University from Bucuresti;
- Electric Vehicle, a Solution for the Energy Rational Use and Urban Pollution Reduction - Prof.dr. Aurelian Craciunescu, "Politehnica" University from Bucuresti, Prof.dr. Nicolae Vasile, Dr. Virgil Racicovschi, ICPE sa
- Considerations Regarding the Reliability of the Electric Car Built-in Electronic Systems - Prof.dr. Mihai Octavian Popescu, Prof.dr. Claudia Laurenta Popescu, "Politehnica" University from Bucuresti;
- Car Sharing System in Europe and Romania. On the Necessity of Using Electric Vehicles in the System, Dipl.eng. Florin Dragomir, RATB;
- Fuel Cells. Principles, Construction and Application to Vehicles - Prof.dr. Corneliu Marinescu, "Transilvania" Univeristy, Brasov.

There were also presented specialized papers concerning the developments of some specialists from research institutes, universities and companies within some projects with various cofinancing shares from the national programmes RELANSIN and AMTRANS or from programs of the European Commission in Brussels. Mention can be made of:

- Concerns of the Car Department of the University from Pitesti Regarding the Car Electric Drive - Conf. Dr. Danut Gabriel Marinescu, Pitesti University;
- ICPE's Concerns Regarding the Equipment of Some Romanian Cars with Hybrid Drive - Dipl.eng. Floarea Vasile, Dipl.eng. Mihaela Scortescu, ICPE sa
- Light Electric Vehicle with Various Applications, in Modular Construction - Dipl.eng.Mihaela Chefneux, Dipl.eng.Laurentiu Vatafu, Dipl.eng.Sergiu Costoiu, ICPE sa;
- Electric Machine for Hybrid Electric Vehicles-Dr.Paul Minciunescu, ICPE sa;
- Equipment for the Ecological Vehicle Drive, Control and Braking - Dipl.eng. Sigismund Slaiher, ICPE sa;
- Ten Arguments in Favour of the Light Electric Vehicle - Dipl.eng. Mihaela Chefneux, Dipl.eng. Laurentiu Vatafu, Dipl.eng. Relu Balaban, Dipl.eng. Ionel Chirita, Dipl.eng. Sergiu Costoiu, ICPE sa.

Within the exhibition organized on this occasion, there were presented the offers of the companies which sponsored the event, among them being also included developments in the electric vehicle field, such as: Bumbas Electric company, VARTA representative, that also cofinanced the transfer into industry in Bacau of an electric scooter designed by Justin Capra, dipl.eng., also present at the event, Electro-Auto Service company-producer of the CARANDA traction batteries, the Romanian-Swiss TECHNOSOFT company with hardware and software solutions for car industry, implemented at GM and Dymler-Chrysler or ICPE-ACTEL company which presented a very high efficient equipment for charging the accumulator batteries from car stations, an equipment well appreciated on the market.

ICPE sa, the initiator of the program and EV consortium, presented within the exhibition, among other types of electric machines, exported to Germany, UK, Israel, USA, two prototypes of electric machines designed for electric vehicles, developed in the last year, namely: a 10 kW synchronous brushless, pancake (length 90 mm and diameter 420 mm) machine for the equipment of an ARO-Spartana vehicle with hybrid propulsion and a DC 5 kW rare earth permanent magnet machine for light electric vehicles, respectively.

Within the talks carried on during the first part of the meeting, understanding the importance of the ecological transport promotion by electric vehicles, two of the mayors present at the event announced two local encouraging initiatives: the mayor of Pitesti, Mr.Tudor Penduic, presented the Decision of the Local Committee made a year ago, relative to the free parking of electric vehicles in Pitesti and the mayor of Bucharest Sector 3, Mr.Eugen Plesca announced that he would suggest to the Local Committee to approve a decision relative to the exemption (or reduction) from taxation of the electric cars users. This initiative could decisively encourage the application of the ecological transport means in Bucuresti (sector 3) for the moment and it could be generalized if a debate with this topic also take place at central levels, possibly finalized through a law elaborated within the Parliament.

The participation in the Work Shop of over 25 institutions representative for this field has once more proved the interest taken by the problems of the environment protection by the promotion of the durable ecological transport means not only in the Romanian scientific world-through the participation of the best specialists from universities and research institutions-but also among the possible producers and beneficiaries, the concerns of the companies present at the event being emphasized on the occasion of the round tables organized within the event.

END STORY

## ÎNTĂLNIRI TRADIȚIONALE LA PITEȘTI



EV-2001, 2002, 2003, 2004

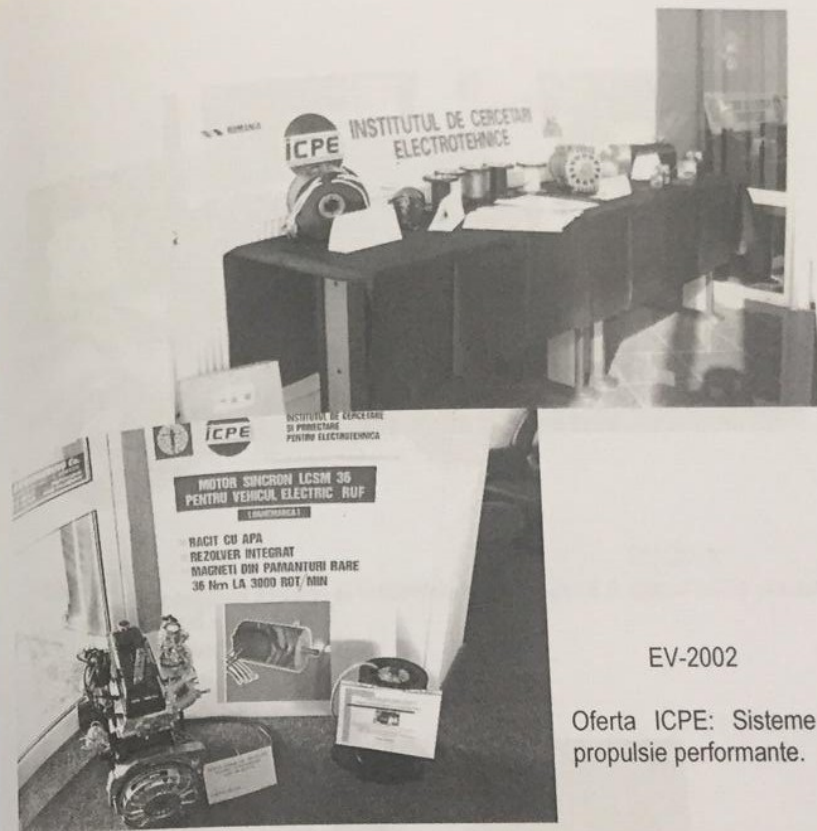
Încercăm să convingem...





EV-2001, 2002, 2003, 2004

...cu argumente științifice.



EV-2002

Oferta ICPE: Sisteme de propulsie performante.



EV-2003

Bicicleta electrică, o soluție pentru un mediu curat în orașe.



EV-2003

Oferta GIG - Soluția ideală pentru  
sisteme de transport durabil.



EV-2003

Scoter-ul electric al inginerului Justin Capră a stârnit multe pasiuni

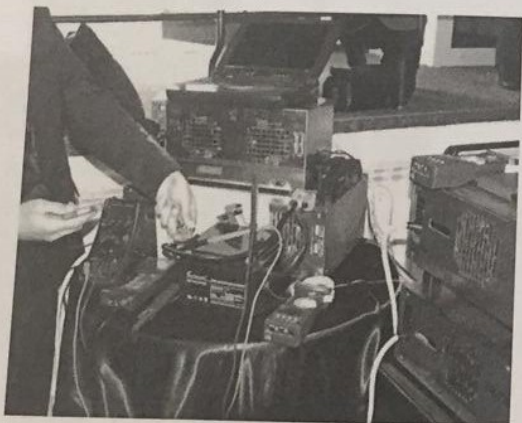


EV-2004.

REVA ROMANIA "sparge ghița" și aduce pe  
piața românească primul EV de serie.



EV-2004.  
Firma Faztech – USA își prezintă  
tehnologia revoluționară de  
încărcare a bateriilor.



EV-2004.  
Între profesioniști.





EV-2004  
Dacia "electrică"  
a fost de departe regina balului  
și fiecare a cerut măcar  
"un dans" împreună.



Cu toții, cei care au condus-o, au rămas încântați...



... chiar dacă au mai avut și mici rețineri.

Și Domnul Caranda iubește automobilul electric.



Justin Capră un entuziast susținător al automobilului electric, apreciază și realizările "concorenței".



Principalii artizani ai Daciei "electrice", savurându-și victoria.