

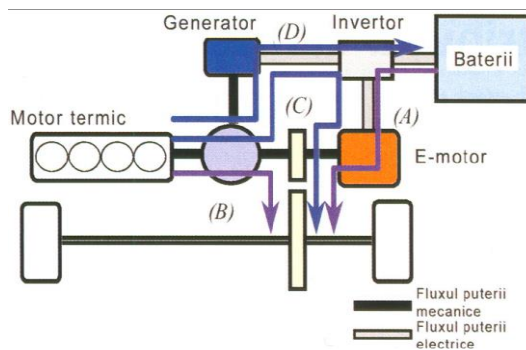
# SISTEMUL DE PROPULSIE HIBRIDĂ AL AUTOVEHICULELOR

## I. NOȚIUNI INTRODUCTIVE

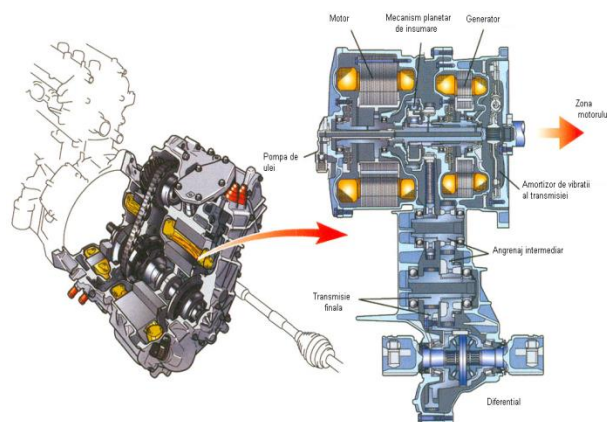
Un motor hibrid este un tip de motor care utilizează două sau mai multe surse de energie pentru a propulsa un vehicul. În general, motoarele hibride combină un motor termic, care funcționează pe bază de combustibil fosil, cu un motor electric.

Principalele avantaje ale motoarelor hibride sunt eficiența energetică crescută și emisiile reduse de gaze cu efect de seră. Motorul termic este responsabil de generarea energiei pentru propulsie, iar motorul electric ajută la reducerea consumului de combustibil și a emisiilor poluante. Motoarele hibride utilizează, de obicei, sisteme de regenerare a energiei, care transformă energia produsă în timpul frânării sau în timpul decelerării în energie electrică stocată în bateria de acumulare. Această energie electrică este ulterior utilizată pentru a alimenta motorul electric în timpul accelerării și a altor situații în care este necesară o putere suplimentară.

O realizare excepțională în acest domeniu o constituie transmisia hibridă lansată în 1997, a cărei schemă este prezentată în figura 1.1, detaliile constructive în figura 1.2, iar organizarea generală în figura 1.3.



**Fig. 1.1:** SCHEMA ȘI FLUXUL PUTERII ÎN TRANSMISIA HIBRIDĂ



**Fig. 1.2:** SISTEM HIBRID – SECȚIUNE



**Fig. 1.3:** *Organizarea generală a autoturismului hibrid*

Trei deziderate au fost avute în vedere la realizarea acestui sistem de propulsie:

- utilizarea unui motor cu ardere internă cu randament ridicat;
- utilizarea unui sistem de control avansat care să asigure funcționarea permanentă a sistemului la regimul optim;
- reducerea pierderilor de energie și recuperarea acesteia.

## **II. STUDIUL TRANSMISIILOR HIBRIDE PENTRU AUTOTURISME, TERMIC-ELECTRIC**

### **II.1. Generalități**

Sistemele de propulsie care au în componența lor pe lângă un sistem convențional cu motor cu ardere internă încă cel puțin unul capabil să furnizeze cuplu de tracțiune la roțile automobilului, pe de o parte, și să recupereze o parte din energia cinetică, în fazele de decelerare, pe de alta parte, sunt cunoscute sub denumirea de transmisii hibride. Se prezintă arhitecturile fundamentale ale sistemelor hibride. Tipuri de sisteme: hibrid serie dacă legătura motor termic/roți se face electric (motorul cu ardere internă nefiind legat cinematic la roțile motoare); hibrid paralel (când există o legătură cinematică între motorul termic și roți, caz în care, deseori, mașina electrică vehiculează puteri inferioare celei termice), respectiv hibrid mixt (denumit și dual), arhitectură ce combină cele două variante de mai sus.

Cel mai frecvent, cel de-al doilea sistem este unul electric, dar poate fi și hidraulic sau pneumatic. Cea de-a doua caracteristică importantă a sistemelor hibride de propulsie este aceea că necesită cel puțin două sisteme de stocare a energiei. Primul, și cel mai cunoscut, este rezervorul de combustibil, în care energia este stocată într-o formă foarte concentrată, iar în cel de-al doilea energia poate fi extrasă dar și acumulată, în funcție de cerințele automobilului. Cele mai potrivite sunt bateriile electrice dar și supercondensatorii, acumulatorii cinetici sau

hidraulici. Un acumulator deosebit de avantajos îl constituie bateriile de mare putere pe baza de Litiu, care au o capacitate moderată de stocare și o durată de viață excepțională ( $>240.000$  km;  $120-200$  Wh/g)  $>$  NiMH ( $60-100$  Wh/g)  $>$  Pb-acid ( $30-45$  Wh/g).

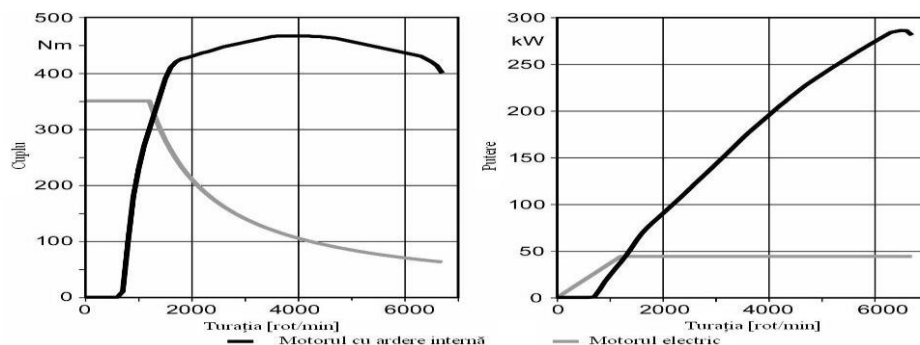
## II.2. Utilizarea și clasificarea construcțiilor hibride

Combinarea dintre motorul cu combustie și unitatea electrică oferă o mai bună autonomie și disponibilitate decât un vehicul numai cu acționare electrică. Capacitatea motorului electric de a fi capabil să ajungă la cuplul maxim chiar și la viteze reduse, deschide posibilitatea unui supliment interesant motorului cu combustie convențional. (Fig. 2.1).

Chiar și la standarde de performanță reduse, cuplul electromotor poate fi relativ mare. Odată cu creșterea vitezei, crește și performanța aproximativ liniar până când "viteza de vârf", punctul de performanță maximă, este atinsă. Dincolo de această viteză de vârf, cuplul electromotor scade după o hiperbolă a puterii.

În acest interval de viteză, curbele de cuplu și putere ale motorului cu ardere internă ajung de obicei, la valorile cele mai înalte ale lor, ceea ce înseamnă că din combinarea motorului electric cu cel cu ardere internă, pot rezulta condiții avantajoase de funcționare:

- conducere pur electrică fără zgomot temporar și fără emisii de gaze (de exemplu, în zonele urbane aglomerate);
- pornire și manevrare electrică fără motor cu ardere internă;
- recuperarea energiei cinetice în timpul frânării prin încărcarea acumulatorului de energie electrică în timpul funcționării ca generator a motorului electric (recuperare);
- sprijinul cuplului motorului cu ardere internă asigurat de motorul electric (acelerație mai puternică);
- pornirea/oprirea motorului cu ardere internă în timpul blocajelor din trafic sau atunci când se oprește la un semafor;
- asigurarea unui supliment la cerințele de putere ale vehiculului prin funcționarea ca generator a motorului electric (elimină nevoia unui alternator).



**Figura 2.1.** Curbele caracteristice de cuplu și putere pentru motoarele electrice și motoarele cu combustie internă

Cu toate acestea, vehiculele cu propulsie hibridă au un dezavantaj de greutate în comparație cu cele cu un singur tip de sistem de propulsie, deoarece, pe lângă a doua unitate, ele necesită, de asemenea un al doilea acumulator de energie.

Mai mici în greutate și cu cerințe de spațiu de instalare redus, motoarele trifazate de curent alternativ au avantajul unei densități de putere mare, ceea ce le face ideale pentru utilizarea în vehiculele cu propulsie electrică sau hibridă. În acest context, în principal două diferite tehnologii de motoare trifazate de curent alternativ sunt în uz:

- mașini asincrone (ASM);
- mașini sincrone cu magneți permanenți (PSM).

Pe lângă acestea, tipuri speciale de motoare electrice utilizate, de asemenea sunt:

- Mașini cu magneți permanenți cu flux transversal (TFM);
- Mașini cu rezistență magnetică inversată (SRM).

Ca mașini cu propulsie de înaltă performanță, motoarele de curent continuu abia mai sunt în uz la vehiculele cu motor, de astăzi.

Noile condiții de operare descrise mai sus pot fi deduse pentru structura funcțională a propulsiei unui vehicul în funcție de datele referitoare la performanțele unității de antrenare electrice (motor electric și acumulator de energie electrică) și nivelul de tensiune asociat. Aceste condiții sunt potențial avantajoase nu numai pentru reducerea consumului de carburant și a emisiilor, dar de asemenea cu privire la alte criterii cum ar fi de conducerea dinamică și confortul. De aici se obține o subdiviziune în diferite clase de hibridi.

Propulsia hibridă cu motoare cu ardere internă și motoare electrice implică distincția între aceste concepte:

- sistem de propulsie hibridă în serie, Fig. 2.2 a
  - fără cuplare mecanică a motorului cu ardere internă cu roțile;
  - cutia de viteze mecanică nu este obligatorie;
  - un motor cu combustie internă împreună cu un generator funcționează numai ca un producător de energie electrică;
  - două mașini electrice de înaltă performanță (generator + generator/motor electric).
- sistem de propulsie hibridă în paralel, Figura 2.2 b:
  - ambele unități pot fi combinate;
  - cutie de viteze mecanică necesară;
  - o singură mașină electrică este necesară.

Când motorul cu ardere internă este utilizat, acesta poate rula la o eficiență aproape de optim. Dacă puterea specifică de ieșire a motorului este mai mare decât cea necesară depășirii

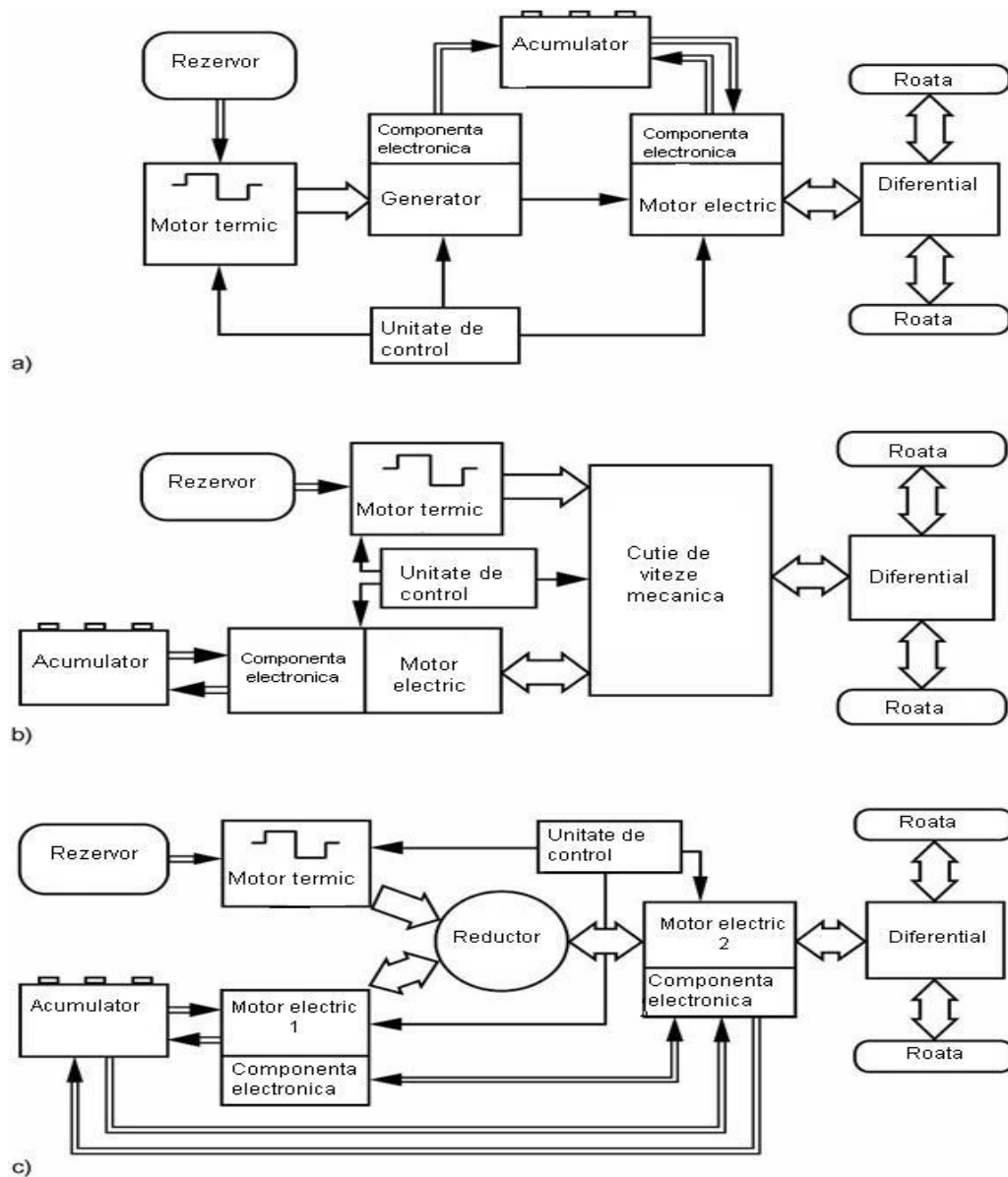
rezistenței de rulare, excesul de putere poate fi folosit pentru a încărca bateria. În cazul în care puterea specifică de ieșire a motorului cu ardere internă este mai mică decât cea necesară depășirii rezistenței de rulare, motorul electric poate oferi sprijin, atâta timp cât starea de încărcare a acumulatorului de energie electrică permite acest lucru. Cu toate acestea: pierderile de conversie trebuie să fie luate în considerare.

- sistem de propulsie hibridă cu divizare de putere, Figura 2.2 c:
  - divizarea puterii motorului cu ardere internă în putere mecanică și electrică;
  - mecanisme cu roți planetare necesare divizării și însumării energiei electrice și mecanice. Acest variator electric permite o conversie continuă a cuplului și vitezei;
  - cel puțin două mașini electrice de înaltă performanță sunt necesare. Cu toate acestea, din cauza alimentării reciproce cu putere, ele nu pot furniza întreaga lor putere nominală pentru procesele de amplificare a accelerației sau de recuperare a energiei de frânare.

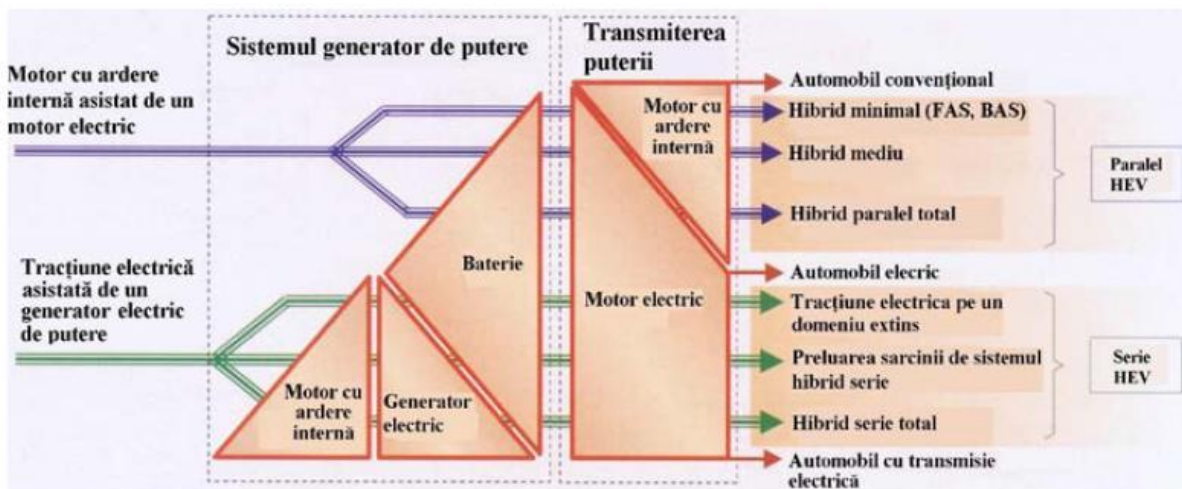
Micro hibridii și cei medii sunt în general construiți ca hibridi în paralel. Distincția dintre hibridii în serie, paralel și cu divizare de putere se referă la hibridii totali.

**Tabel:** Clasele de hibridi

	Micro hibrid	Hibrid mediu	Hibrid total
Puterea motorului electric	2-10 kW	4-20 kW	> 20 kW
Cuplul motorului electric	< 90 Nm	< 500 Nm	< 500 Nm
Tensiunea	14-42 V	≥ 42 V	100-650 V



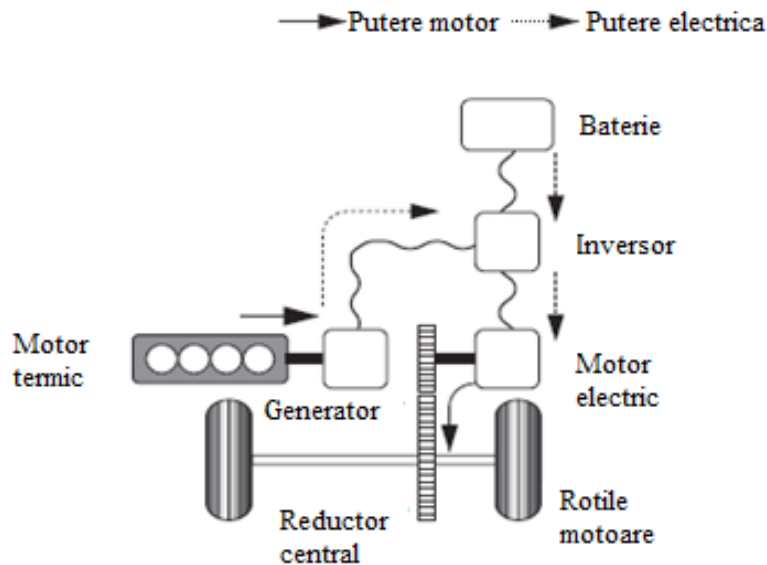
**Figura 2.2.** Propulsia hibridă cu motor termic și motoare electrice



**Figura 2.3.** Clasificarea transmisiilor hibride

## II.3. Construcția și funcționarea transmisiilor hibride

### II.3.1. Sisteme hibride în serie

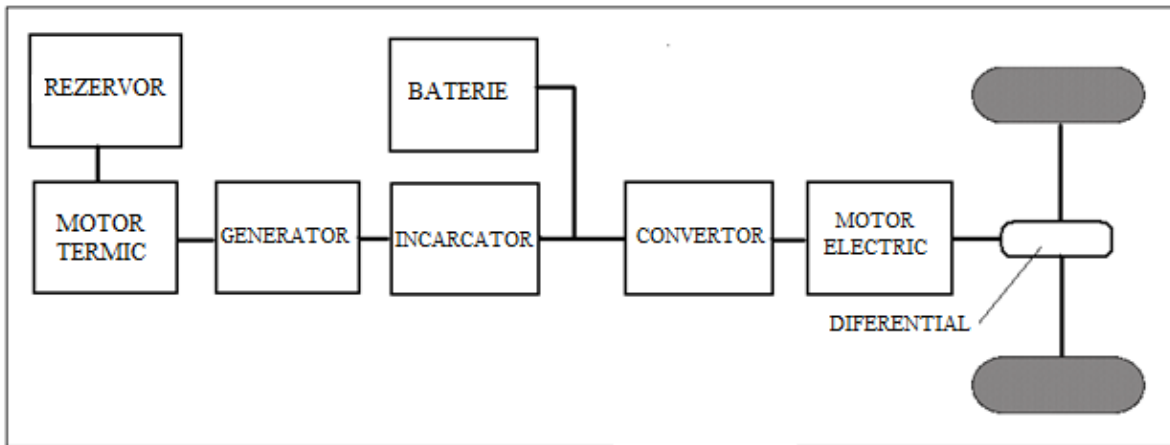


**Figura 3.1.** Schema fluxului de putere la un sistem hibrid în serie

Motorul cu ardere internă antrenează un generator, iar un motor electric folosește curentul electric generat pentru antrenarea roților vehiculului. Acest model este numit sistem hibrid în serie deoarece fluxul de putere către roțile vehiculului acționează ca un sistem înseriat. Un sistem hibrid în serie poate fi folosit în cazul unui motor electric ce poate fi menținut cu ușurință în domeniul stabil al funcționării acestuia, și totodată acest sistem este capabil să furnizeze un surplus de energie electrică motorului electric care, la rândul lui poate să încarce bateria. Acest tip de sistem hibrid are două “motoare”:

- un generator (care are aceeași structură ca un motor electric);
- un motor electric.

Puterea transmisă de la motorul cu ardere internă trebuie să treacă prin generator și motorul electric, astfel fiindu-i redusă eficiența. Fiecare transformare rezultă cu o pierdere de energie. Eficiența motor – transmisie este de aproximativ 70% – 80% mai mică decât a unui ambreiaj mecanic convențional care are o eficiență de 98%. În timpul distanțelor lungi pe autostradă, motorul cu ardere internă trebuie să suplinească majoritatea energiei, astfel în cât sistemul hibrid serie este cu 20% - 30% mai puțin eficient decât cel paralel.



**Figura 3.2.** Structura vehiculului hibrid serie

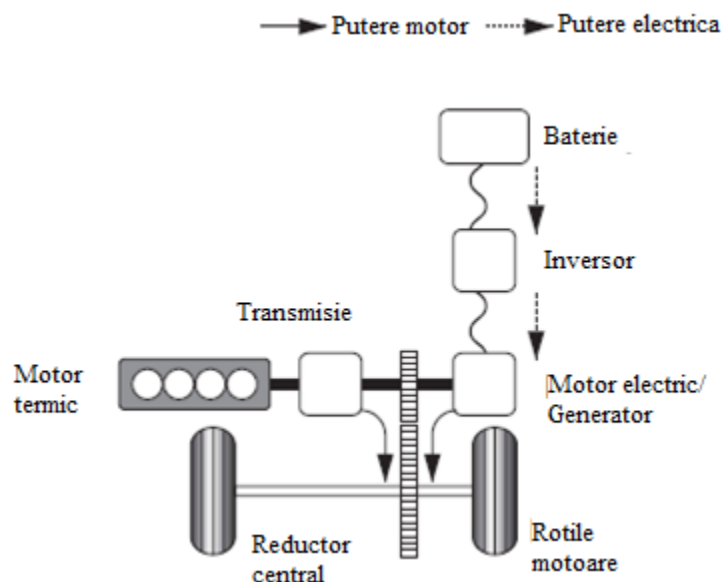
Utilizarea a câte unui motor în fiecare roată duce la eliminarea elementelor de transmisie mecanică convențională (cutie de viteze, diferențial) și poate câteodată elimina cuplajele flexibile. Avantajul motoarelor în fiecare roată include un control al tracțiunii mai simplificat, o angrenare în toate roțile, și permit podele mai joase care sunt de ajutor în cazul autobuzelor. Unele vehicule militare 8x8 folosesc motoare individuale în roți. Locomotivele Diesel – electrice folosesc acest concept de peste 60 de ani.

### **II.3.2. Sistemul hibrid paralel**

La sistemul hibrid în paralel atât motorul cu ardere internă cât și motorul electric transmit putere la roți, iar această putere poate fi furnizată de cele două motoare concomitent, iar acest sistem se poate acomoda ușor unor situații tipice predestinate. Acest tip este cunoscut sub numele de sistem paralel pentru că fluxul de putere “curge” către roți în mod paralel. La acest sistem bateria este încărcată prin comutarea motorului electric pentru a funcționa ca un generator, iar curentul electric din baterii este folosit ca putere efectivă pentru a antrena roțile vehiculului. Deși are o structură simplă sistemul hibrid paralel nu poate antrena roțile vehiculului cu puterea furnizată de motorul electric în timp ce acesta, simultan, încarcă și bateria.

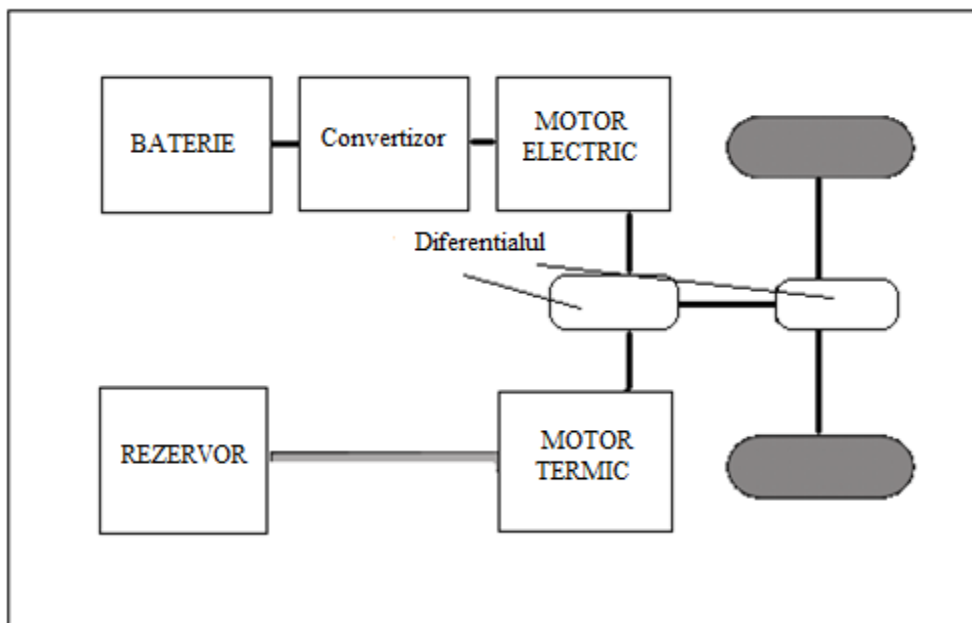
Pentru a păstra putere, este folosit un pachet de baterii cu un voltaj mai mare decât cele normale de 12 V. Accesoriile precum servodirecția și aerul condiționat sunt acționate de către motorul electric, nu mai sunt atașate motorului cu ardere internă. Acest lucru permite funcționarea acestor accesorii la viteze constante, fiind neinfluențate de turația motorului MAI.





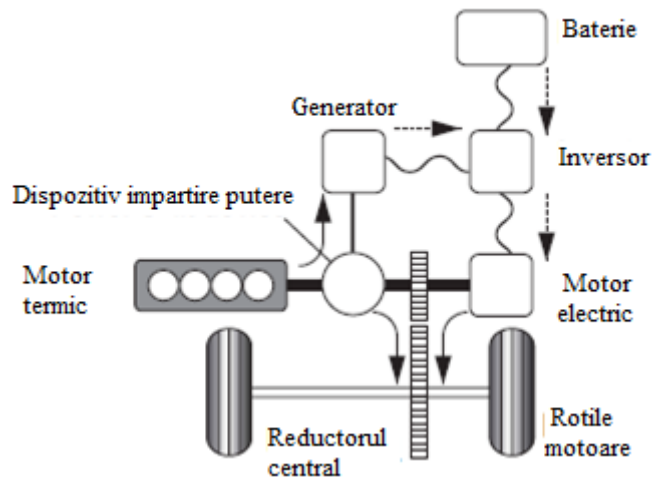
**Figura 3.3.** Schema fluxului de putere la un sistem hibrid in paralel

Hibridele în paralel pot fi categorisite de modul în care sunt cuplate mecanic cele două surse de putere. Dacă ele sunt cuplate pe o axa în paralel, viteza trebuie să fie identică. Când numai una din cele două surse de propulsie este folosită, cealaltă trebuie să se învârtă într-o viteză de relati sau să fie conectată la un ambreiaj. La vehicule, modul cel mai frecvent de a cupla cele doua surse este printr-un diferențial .



**Figura 3.4.** Structura vehiculului hibrid electric paralel

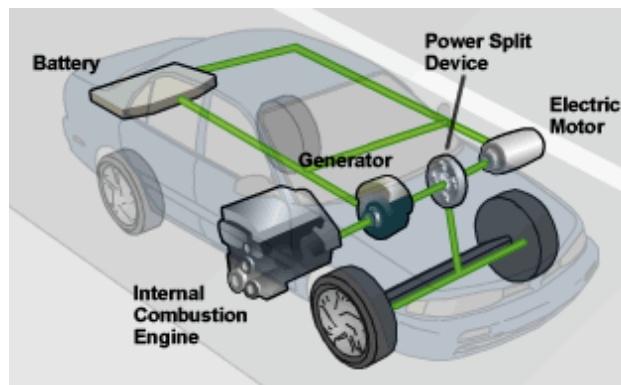
### II.3.3. Sistemul hibrid serie - paralel



**Figura 3.5.** Schema fluxului de putere la un sistem hibrid serie- paralel

Acest tip de sistem hibrid combină avantajele sistemului serie cu cele în paralel în vederea maximizării avantajelor celor două sisteme. Are două motoare și în funcție de condițiile rulării folosește doar motorul electric pentru antrenarea roților, sau puterea furnizată roților poate fi dată atât de motorul electric cât și de motorul cu ardere internă pentru a atinge un nivel maxim de eficiență. Mai mult, când este necesar, sistemul antrenează roțile în timp ce simultan generează curent electric folosind un generator.

Un calculator prevede operațiunile întregului sistem, determinând care parte trebuie să fie folosită, dacă trebuie folosită amândouă, sau dacă trebuie oprit motorul MAI când motorul electric este suficient pentru a produce puterea necesară.

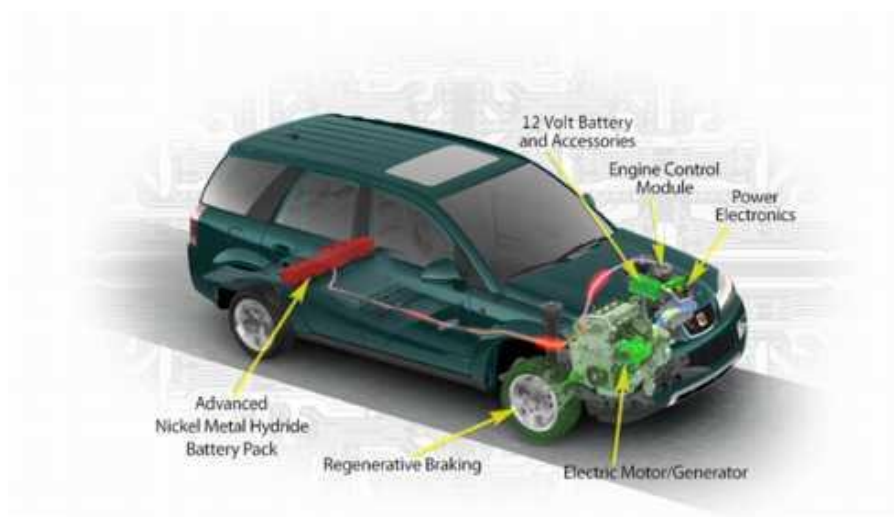


**Figura 3.6.** Principalele componente ale sistemului Full Hybrid

### II.3.4, Hibrice cu putere asistata

Aceste vehicule folosesc motorul MAI pentru puterea principală, cu un motor electric care să dea un supliment de putere conectat la un tren de rulare convențional. Motorul electric, montat între motorul MAI și transmisie, este defapt un demaror mult mai mare și puternic, care nu intră în funcțiune numai când motorul este pornit, dar și când șoferul accelerează puternic și este nevoie de o putere extra. Sistemul de baterii atașat este folosit pentru a furniza energie electrică accesoriilor.

O varianta a acestui tip de hibrid este folosit de exemplu modelul Saturn Vue Green Line:



**Figura 3.7.** Sistemul hibrid al Saturn Vue Green Line

### II.3.5. Hibricele slabe

Hibricele slabe, sunt de fapt vehicule convenționale cu demarare supradimensionate, permițând oprirea motorului, atunci când este la relanti, când frânează sau este oprit, și permit repornirea acestuia repede. Accesoriile pot continua să funcționeze prin putere electrică când motorul este oprit, și ca în alte designuri hibride, este folosit la frânarea regenerativă pentru a recupera energie. Motorul electric aduce motorul MAI la turații operaționale înainte de a injecta combustibil.

Un bun exemplu este Chevrolet Silverado Hybrid, prin care s-a reușit o îmbunătățire cu 10% a eficienței prin acest sistem.



**Figura 3.8.** Chevrolet Silverado Hybrid

Hibridele slabe folosesc de obicei o baterie de 42 V pentru a suplini puterea necesară pentru pornirea motorului, dar și pentru a compensa cu numărul de accesorii electronice în creștere la bordul autovehiculelor moderne.

### **II.3.6. Hibridele Plug-In**

Un vehicul hibrid electric Plug-In este un vehicul cu baterii care pot fi reîncărcate conectând un cablu la o sursă de curent electric. Combină caracteristicile a vehiculelor hibride tradiționale, având un motor electric și un motor MAI, dar și a vehiculelor electrice pe baterii, având un cablu pentru a fi conectate la o sursă de curent. Majoritatea acestor autovehicule sunt de pasageri, dar sunt și pe dubițe, camioane utilitare, autobuze școlare, motocicletă, scootere și vehicule militare.

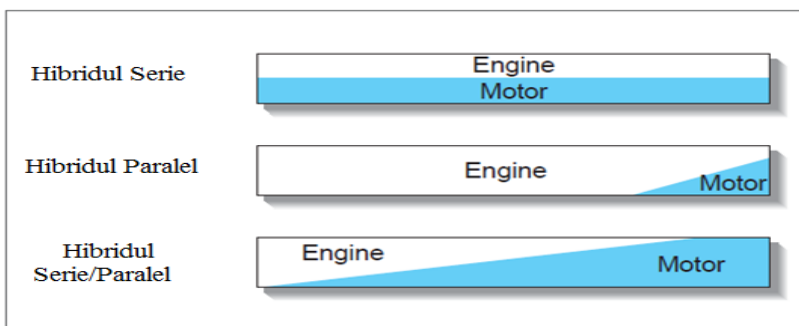
Costul electricității folosite de aceste vehicule pe operațiuni numai electrice, a fost estimat la mai puțin de  $\frac{1}{4}$  din prețul carburanților. În comparație cu vehiculele convenționale, aceste vehicule pot reduce poluarea aerului, dependența de petrol, emisiile de gaz de seră, ceea ce contribuie la încălzirea globală. Hibridele Plug-In nu folosesc deloc combustibili fosili la operațiuni numai electrice, dacă bateriile sunt încărcate de la o sursă nucleară sau regenerabilă.

## **III. Funcționarea motorului cu ardere internă și motorul electric la nivelul fiecărui sistem**

Deoarece la sistemele hibride serie motorul cu ardere internă furnizează curent electric, pentru ca motorul electric să acționeze roțile, atât motorul cu ardere internă cât și motorul electric depun același efort pentru a antrena fluxul de putere către roțile vehiculului.

La sistemul paralel motorul cu ardere internă este folosit ca și principală sursă de putere iar motorul electric este folosit doar pentru a asigura un surplus de putere accelerării. Din această cauză motorul cu ardere internă este mai des folosit.

La modelul serie-paralel este folosit un dispozitiv divizor de putere care împarte puterea în două părți aproximativ egale, atât de la motorul cu ardere internă cât și de la motorul electric, astfel încât rația de flux de putere merge atât spre roți cât și spre generator, iar această rație poate fi modificată cantitativ în mod continuu în funcție de situațiile întâlnite în trafic.



**Figura 3.9.** Rația în care este folosit MAI pentru fiecare tip de sistem hibrid

În tabel sunt prezentate comparativ performanțele celor trei tipuri de transmisii hibride, din care rezultă superioritatea transmisiei hibride serie/paralel.

**Tabelul :** Performanțele celor 3 tipuri de transmisii hibride

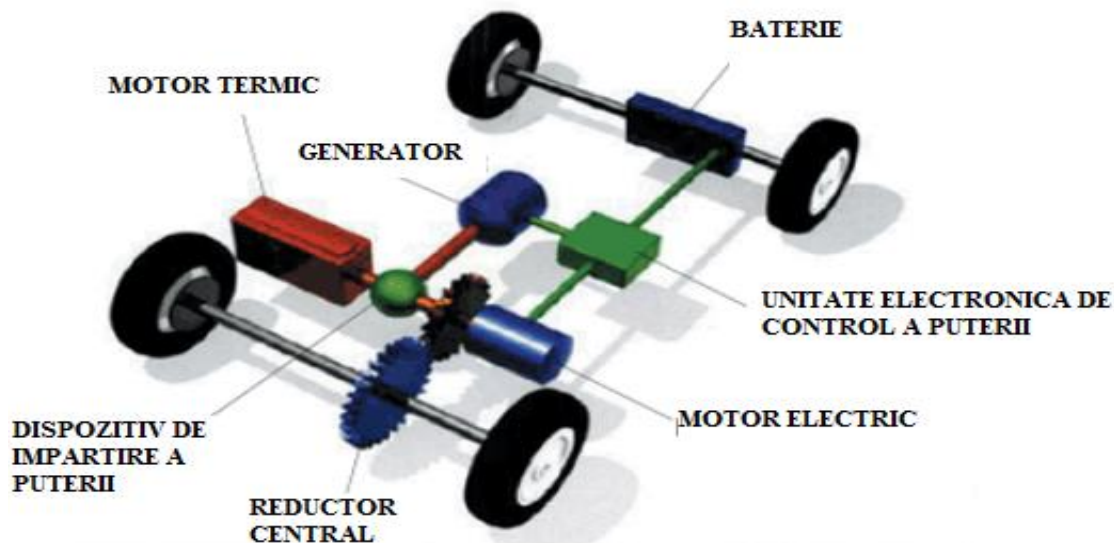
	Reducerea consumului de combustibil				Performanțele exploatare	
	Mersul în gol	Gradul de recuperare energetică	Nivelul de control	Eficiență globală	Accelerare	Putere continuă ridicată
Hibrid serie	Bună	Excelentă	Bună	Bună	Satisfăcătoare	Satisfăcătoare
Hibrid paralel	Bună	Bună	Satisfăcătoare	Bună	Bună	Satisfăcătoare
Hibrid serie/paralel	Excelentă	Excelentă	Excelentă	Excelentă	Bună	Bună

### III.1. Caracteristica sistemelor hibride

Sistemele hibride prezintă următoarele caracteristici:

- Pierderile de energie sunt reduse - Aceste sisteme stopează în mod automat pierderile de energie ale motorului cu ardere internă.
- Recuperarea energiei și refolosirea acesteia - Energia care în mod normal este pierdută, ca de exemplu căldura generată în timpul accelerării și frânării, este recuperată ca și energie electrică, care la rândul ei este folosită ca putere pentru antrenarea starterului și motorului electric.
- Asistență permanentă a motorului cu ardere internă - Motorul electric asistă motorul cu ardere internă în timpul accelerării.
- Performanțe înalte ale managementului de control al puterii furnizate - Sistemul maximizează eficiența vehiculelor folosind motorul electric pentru a antrena vehiculul sub anumite cerințe de rulare în care eficiența motorului cu ardere internă este redusă și generează curent electric sub anumite condiții în care motorul cu ardere internă are o eficiență sporită.

Sistemul serie-paralel prezintă toate aceste caracteristici și anume un consum de combustibil redus cât și performanțe ridicate în domeniul accelerărilor, de exemplu.



**Figura 3.10.** Schema componentelor principale ale unui vehicul hibrid

## III.2. Configurația sistemului

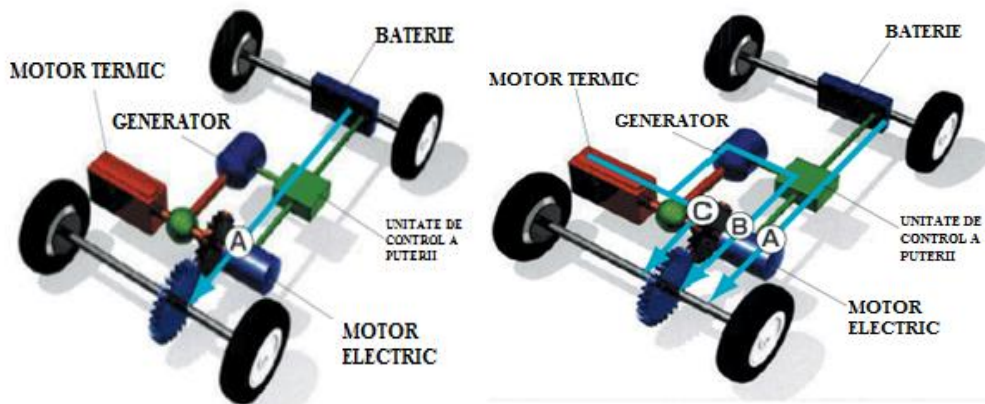
**Sistemul hibrid conține două tipuri de surse de putere:**

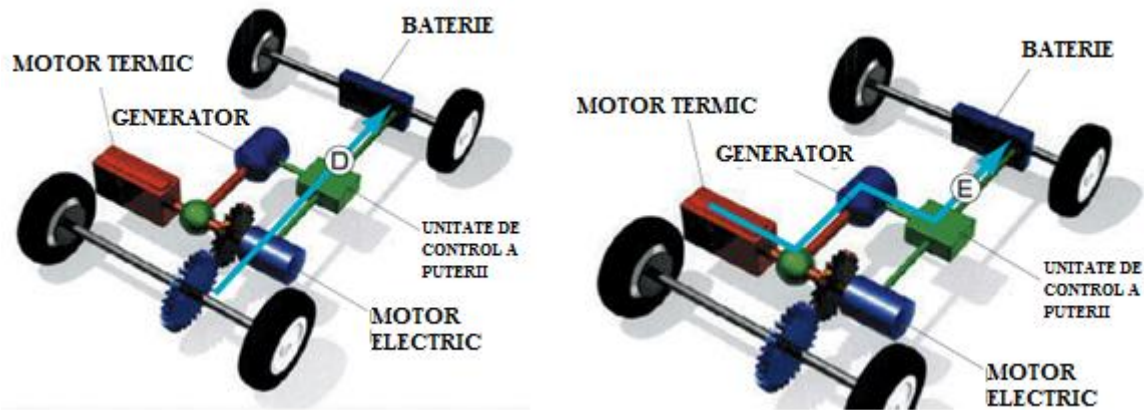
- un motor cu ardere internă care folosește ciclul Atkinson;
- un magnet permanent;
- un motor sincron A.C cu un output de 1.5 ori mai mare decât de obicei;
- un generator;
- o baterie dezvoltată pe tehnologia Ni-Mh sau Li-Ion;
- o unitate de control a puterii.

Această unitate de control conține un circuit de înaltă tensiune ~500V pentru a aduce putere în surplus sistemului dublu pentru motor cât și pentru generator. Acest curent este furnizat mai departe unui invertor A.C-D.C care convertește curentul alternativ de la motor, generator și baterie. Un altă componentă cheie a sistemului hibrid îl constituie un divizor de putere care transmite forțele motoare necesare, de la motor precum și puterea venită de la motorul electric și generator combinându-le. Unitatea de control controlează acest amestec de putere pentru a obține o combinație perfectă.



**Figura 3.11.** Unitatea de control a puterii





**Figura 3.12.** Schemele fluxului de putere la sistemele hibride serie-paralel

### III.3. Circuitul de înaltă tensiune

Circuitul de înaltă tensiune ce trece prin unitatea de control permite curentului motorului și al generatorului să fie ridicat de la o valoare de 274V la 500V. Ca și rezultat puterea electrică poate fi furnizată motorului folosind un curent mic.

$$P = U \times I \text{ (Puterea = Tensiunea } \times \text{ Intensitatea)}$$

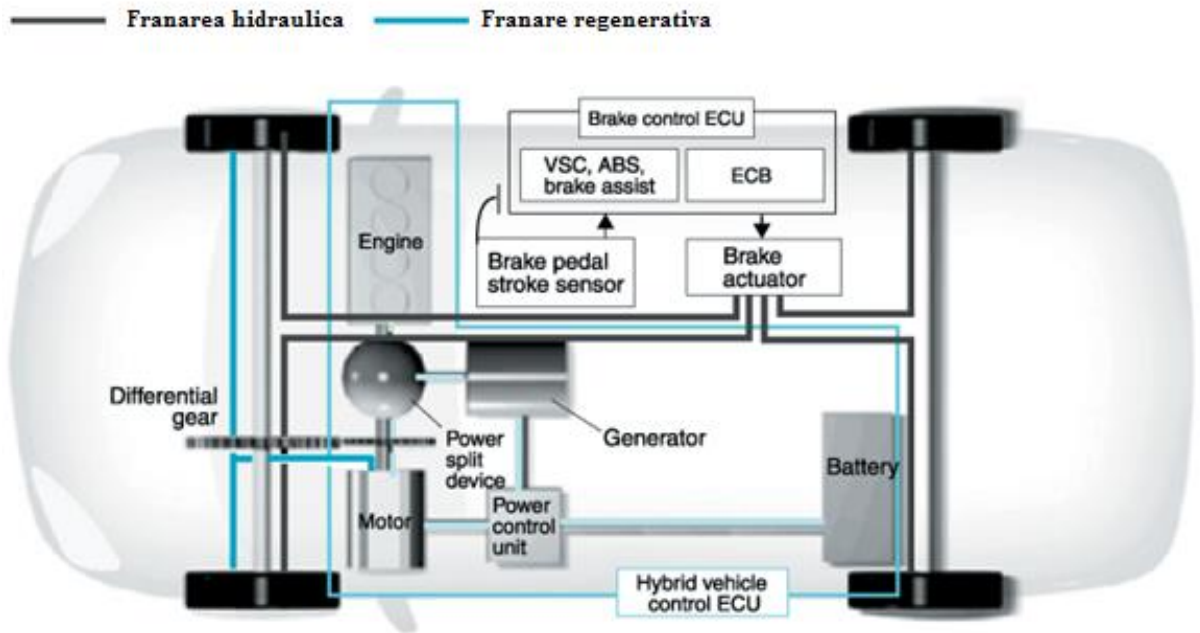
În continuare folosind legea lui Joule „*calorie = curent<sup>2</sup> × rezistența*” pierderile de putere în domeniul caloriilor sunt reduse la ¼ dacă rezistența este de valoare constantă.

### III.4. Regenerarea puterii pierdute prin frânare

Regenerarea puterii pierdute prin frânare se folosește atunci când motorul este frânat sau când se folosește frânarea la pedală, în aceste momente motorul electric funcționează ca și un generator, care convertește energia cinetică în energie electrică care este folosită ulterior pentru încărcarea bateriei. Sistemul își arată eficacitatea în ciclul de rulare urban, unde accelerările și decelerările sunt foarte des utilizate.

Când se apasă pedala de frână sistemul controlează coordonarea între circuitul hidraulic al frânei și circuitul de regenerare a frânării, cu altfel spus energia rezultată din frânări ușoare la viteze mici este recuperată.





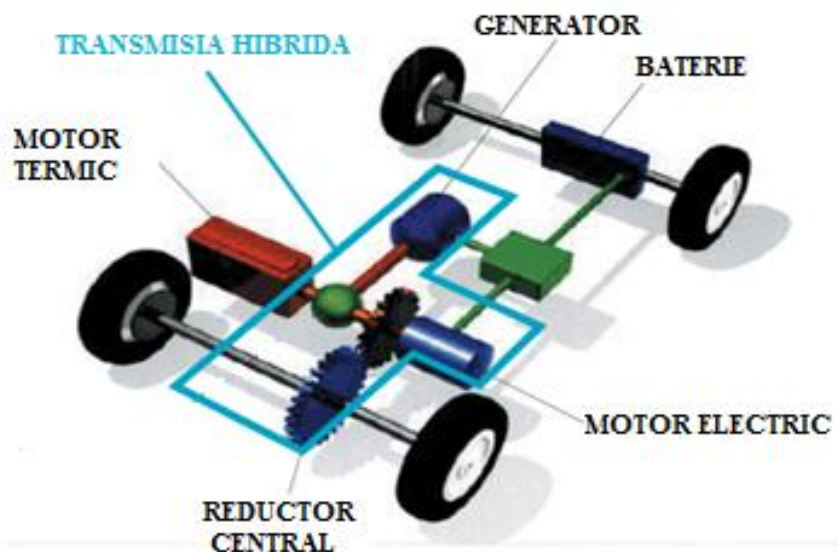
**Figura 3.13.** Schema generală a sistemului de recuperare a energiei prin frânare

### III.5. Transmisia hibrida

Transmisia hibridă conține un divizor de putere, un generator, motor electric și treptele reducătoare. Puterea de la motorul cu ardere internă este împărțită în două. Una din ieșiri este conectată la motorul cu ardere internă și la roți, în timp ce cealaltă este conectată la generator. În acest fel puterea motoare de la motor este transmisă prin intermediul a două rute: una mecanică și una electrică.

Transmisia este totodată echipată cu o cutie de tip CVT (continuos variable transmission), care reușește să modularizeze turația motorului cu ardere internă și rotația generatorului în același timp.

De altfel în cadrul transmisiei prin folosirea unor materiale “inteligente” s-au redus frecările cu aproape 30% față de construcțiile similare anterioare.



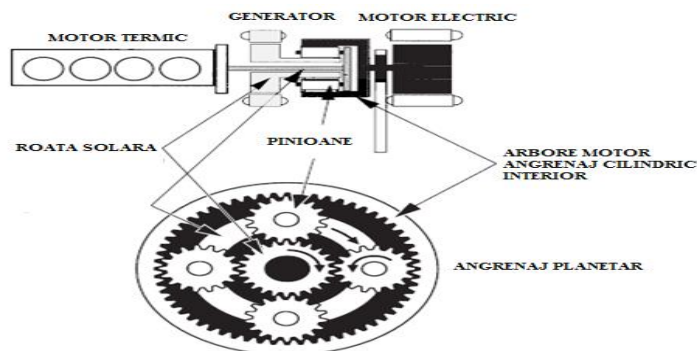
**Figura 3.14.** Schema generală a sistemului de transmisie hibridă

### III.6. Divizorul de putere

O componentă principală a transmisiei hibride serie/paralel o constituie divizorul de putere care realizează repartizarea puterii ce provine de la motor; o parte - I, se transmite la roțile motoare iar cealaltă parte - II, la generatorul electric care cu energie electrică motorul electric de propulsie. În acest mod energia care provine de la MAI și care este utilizată pentru propulsie ajunge la roțile motoare pe două căi: una mecanică și cealaltă electrică.

Unitatea electronică de comandă și control prin circuitele sale controlează în permanență transmisia variabilă, astfel încât viteza de deplasare poate fi modificată continuu prin variația continuă a turației MAI, generatorului electric și motorului electric. În general divizorul de putere cuprinde un mecanism planetar, fig. 3.15.

Motorul cu ardere internă este cuplat la divizorul de putere prin intermediul arborelui portsatelit, care este în acest caz arborele conducător (motor), cu pinioanele satelit ale mecanismului planetar; generatorul electric este cuplat la axul roții centrale 1 (roata solară); motorul electric este cuplat la arborele condus, care în acest caz este cuplat la coroana dințată.



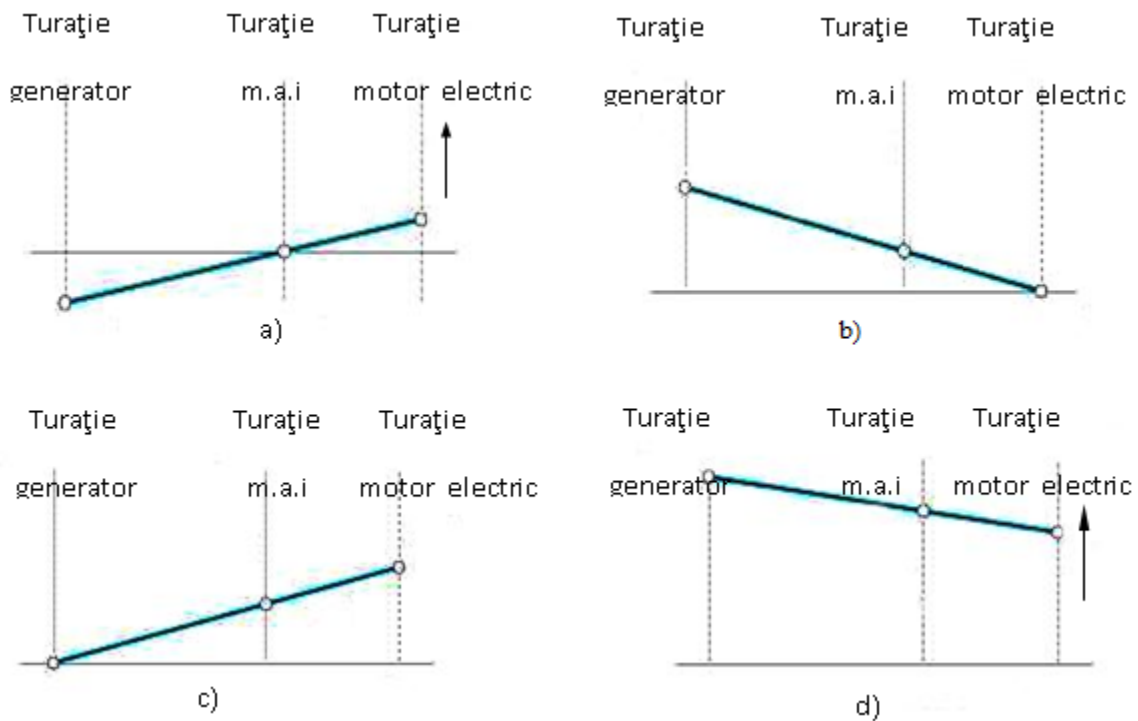
**Figura 3.15.** Schema generală a mecanismului planetar diferențial

### III.7. Acțiunile motorului și generatorului

În funcție de regimul de funcționare al autovehiculului și transmisiei hibride, turațiile celor trei componente importante: MAI, generatorul electric și motorul electric au valori și sensuri diferite, conform fig. 3.16.

La pornire autovehiculul folosește doar motorul electric care se alimentează de la bateria de acumulatori, m.a.i. fiind oprit; sensul și compararea turațiilor fiind precizate în fig. 3.16 a).

În timpul accelerării, după pornirea de pe loc, generatorul care are rol și de electromotor primește comandă de la UECC și pornește m.a.i.; odată pornit m.a.i., generatorul electric va începe să producă energie electrică ce este utilizată pentru suplimentarea energiei consumată de motorul electric pentru propulsie și în același timp pentru reîncărcarea bateriei de acumulatori; compararea turațiilor fiind precizată în fig. 3.16 b).



**Figura 3.16.** Turațiilor celor 3 motoare în funcție de regimurile autovehiculului hibrid

În condițiile staționare de deplasare (viteza constantă), propulsia se realizează cu ajutorul motorului electric și a m.a.i., nefiind necesară generarea de energie electrică suplimentară, compararea turațiilor fiind precizată în fig. 3.16 c).

Pentru regimurile de accelerare, turația m.a.i. crește și în același timp și a generatorului electric care generează energie electrică; motorul electric utilizând energia electrică care provine

de la bateria de acumulatori cât și pe cea suplimentară ce provine de la generator, susține și mărește accelerarea autovehiculului; compararea turațiilor este precizată în fig. 3.16 d).



**Figura 3.17.** *Tip de acumulator*

### **III.8. Tipuri de energie folosite pentru alimentarea autovehiculelor hibride**

#### **III.8.1. Baterii auto**

În industria auto, pentru mașinile hibride, sunt utilizate baterii de tip NiMH, dar industria modernă Continental AG va începe producția de baterii Li-Ion destinate autovehiculelor hibride. Bateriile produse de Continental vor fi reîncărcabile și vor cântări 25 de kilograme. Tehnologia va fi utilizată pe modelul Mercedes S400 Blue Hybrid. Aceste baterii generează 22.6 KWh suficient pentru ca mașina să parcurgă 80 km fără ajutorul motorului cu ardere internă. [10]

O baterie electrică pentru autovehicul (EVB) e o baterie reîncărcabilă folosită la autovehiculele electrice (BEV).

Acumulatorii sunt în general cele mai costisitoare componente ale BEV, totodată bateriile de la autovehicule electrice vechi sau accidentate pot fi achiziționate pentru sisteme rețea de baterii considerate mici centrale electrice. Costul de producție al unui acumulator este substanțial, dar încurajând returnările de baterii la scară, poate servi la scăderea costurilor când autovehiculele BEV sunt produse la scară autovehiculelor moderne cu motoare clasice.

Încă de la sfârșitul anilor 1990, s-au produs mari evoluții în tehnologia acumulatorilor, datorate creșterii acerbe a pieței laptopurilor și telefoanelor mobile, odată cu cererea consumatorilor pentru mai multe specificații, display-uri mai mari mai luminoase și totodată viața acumulatorului mai îndelungată ducând la creșterea cercetării pentru tehnologia acumulatorilor. Piața autovehiculelor electrice, a primit, a folosit aceste cercetări în avantajul ei.

Un articol ne prezintă că un acumulator de 10 kW·h asigură destulă energie pentru a parcurge 32 km într-un autovehicul Toyota Prius, dar aceasta, nu este prima sursă, și nu se potrivește cu alte estimări care ne indică 8 km/ kW·h. Autovehiculul Chevrolet Volt se aștepta

să atingă un consum de 4.5 l/ 100 km când funcționează pe sursa auxiliară de energie (un generator) la o eficacitate termodinamică de 33% ceea ce ar însemna 12kW·h pentru parcurgerea a 80 km. Prototipuri de 75 W·h/kg acumulatori lithium ion polymer.

Noile celule Li-Ion pot asigura până la 130 Wh/kg și pot suporta mii de cicluri descărcare-reîncărcare. Acumulatorii utilizați la autovehiculele electrice includ plumb-acid, NiCd, Nichel Metal Hidolit, Lithium Ion, Li-ion polimer, și mai puțin comun Zinc-Aer. Capacitatea electrică depozitată în acumulatori este măsurată în amperi oră, cu energia totală măsurată în Watt ore. [11]

Viitorul acumulatorilor electrici pentru autovehicule depinde în principal de costul și disponibilitatea acumulatorilor cu densitate mare de energie, putere crescută și viață cât mai îndelungată la fel ca și celelalte aspecte ca motoare electrice, controlare și totodată generatoare pentru a ajunge la maturitatea la care pot concura cu motoarele cu ardere internă. Acumulatorii Li-ion, Li-polimer și zinc-aer au demonstrat densități de energie îndeajuns de ridicate pentru a face concurență autovehiculelor convenționale.

Catodul acumulatorilor lithium-ion fabricate la începutul anului 2007 era fabricat din lithium-cobalt oxid de metal. Acest material e costisitor, și poate degaja oxigen din celula, dacă este supraîncărcat. Dacă cobaltul este înlocuit cu fosfat de fier, celulele nu vor arde și nici nu vor degaja oxigen la reîncărcări. Prețul de producție la începutul anilor 2007 a unui acumulator era de 5000 \$ US, iar bateriile NiMH la 3000 \$ US. Prețul e pe cale să ajungă în 2017 la maxim 1200 \$ US datorită producerii în serie largă.

Acumulatorii individuali sunt de obicei aranjați în ansambluri largi de baterii de diferite capacități ( voltaj și amperi-ora) în așa fel ca să producă capacitatea necesară.

Timpul de revizie al acumulatorilor ar trebui considerat în momentul calculului costurilor de întreținere a autovehiculului, deoarece toți acumulatorii se uzează implicit necesită înlocuire. Timpul de înlocuire depinde de o serie de factori.

„Adâncimea de descărcare” (DOD) este proporția recomandată din energia totală înmagazinată pentru care acumulatorul își va îndeplini ciclurile standard. Acumulatorii cu plumb în general nu trebuie descarcate sub 20% din capacitatea totală. Rețelele moderne a acestor acumulatorii pot rezista ciclurilor mai mari.

În utilizarea cotidiană, câteva flote de Toyota RAV4 EV, folosind acumulatori NiMH, au depășit 160.000 km cu mici degradări ale fiabilității.

### **III.8.2. Bateria de supercondensatoare**

Această baterie este formată din condensatoare cu dublu înveliș electric. Pentru același volum, capacitatea supercondensatoarelor este de aproximativ 100 de ori mai mare ca aceea a condensatoarelor dielectrice convenționale. Tehnologia de realizare a supercondensatoarelor are la bază electrozii de tip metal/carbon și un electrolit organic ce oferă o densitate de energie ce poate depăși 10 Wh/kg și o densitate de putere de peste 10 kW/kg.

Descărcarea lor se face într-un timp de 0,3 – 60 s. Durata de viață a acestor supercondensatoare este relativ mare, de aproximativ 500 000 de cicluri. Tensiunea foarte mică de la borne de aproximativ 2,3 V la o capacitate de 2700 F și o rezistență internă de 0,85 mΩ implică montarea în serie a mai multor astfel de elemente.

Pentru echilibrarea tensiunii între elementele diferite ale modulului se instalează un circuit de egalizare (Individual Cell Equaliser).

Supercondensatoarele au fost dezvoltate în anii 1960 și pot fi găsite pe o mare varietate de dispozitive electronice. Totuși au ramas cu un cost crescut de producție și doar recent au devenit competitive pe piață. Deși supercondensatoarele au o fiabilitate crescută și nu sunt influențate de variațiile de temperatură, dimensiunile de volum le-au limitat capacitatea energetică până acum.

Marele avantaj al folosirii unui supercondensator pe autovehiculele hibride este acela ca timpul de reîncărcare este de doar câteva secunde, la fel de repede ca atunci când se face alimentarea la benzinărie.

## **IV. Analiză comparativă**

### **IV.1. Avantajele mașinilor hibrid**

- mașinile hibride trebuie alimentate doar cu combustibil, nu și curent electric;
- curentul electric pe care îl folosesc este produs în mers, de motorul pe combustie și de asemenea din energia frânării;
- atunci când se acționează frâna, bateria se alimentează cu energie electrică;
- computerul calculează când să alimenteze bateriile cu energie, și când să folosească energia din baterii pentru a alimenta motorul electric;
- mașinile hibride au un ecran (display) pe bord care pe lângă faptul că arată în permanență, și în timp real, ce consumă mașina (benzină sau curent electric), te poate ajuta să conduci în așa fel încât să consumi cât mai puțină benzină;
- Toyota Prius este unul din modelele hibride cu un astfel de monitor, care îți arată exact cum reacționează mașina, la modul tău de a conduce (acelerare, decelerare, frânare etc);

- computerul de bord calculează automat când să folosească ambele motoare, când să folosească doar motorul pe combustie internă, și când să utilizeze motorul electric pentru a economisi benzină, astfel, se pot obține performanțe foarte mari legate de consumul de combustibil la suta de kilometri;
  - fac zgomot mai puțin decât o mașină clasică;
  - mașinile hibrid nu necesită o infrastructură specială (stații de alimentare speciale), putând fi folosite oriunde există pompe de benzină obișnuite;
  - atunci când mașina este oprită, de exemplu la semafor, poate funcționa doar pe energie electrică, fără consum de benzină, și deci fără poluare;
  - alimentarea motoarelor electrice din mașinile hibride se poate face prin mai multe surse: de către motorul cu ardere internă, din energia frânării (sistemul regenerative braking), prin convertirea energiei solare (panouri solare pe mașina) și prin alimentare de la rețeaua de curent pentru modelele Plug-In (priză obișnuită sau o stație de încărcare rapidă);
  - deși motoarele pe combustie internă nu sunt foarte puternice, datorită existenței motorului electric care intervine atunci când este nevoie, mașinile hibride au performanțe comparabile cu o mașină clasică (în ceea ce privește accelerație, putere etc);
  - modul în care este condusă o mașina hibrid poate contribui foarte mult la consumul de carburant, putându-se ajunge chiar la performanțe de sub 3.5l benzină/100km. [12]

#### IV.2. Dezavantajele mașinilor hibrid

- în primul sfert de ora de la pornire consumul este mai mare dacă afară este frig;
- faptul că mașinile sunt foarte silențioase la viteze mici, mai ales când utilizează doar motorul electric, pot fi periculoase în orașe, din cauza faptului că nu sunt sesizate ușor de către pietoni, persoane cu probleme de vedere, bicicliști etc., iar pentru a rezolva această problemă, modelul Chevrolet Volt are un sistem electronic de avertizare sonoră;
- mașinile hibride nu rezolvă problema utilizării combustibililor fosili, ele se bazează tot pe benzină, contribuind astfel la epuizarea acestor resurse neregenerabile; arderea benzinei într-un motor cu combustie înseamnă poluare, deși în cazul mașinilor hibride poluarea atmosferică este mai mică decât la mașinile clasice, aceasta încă există.

## BIBLIOGRAFIE

1. Untaru M. ș.a., „Calculul și construcția automobilelor”, editura Didactică și Pedagogică, București, 1982.
2. Maria Claudia SURUGIU, Elena MAGHIARI, „Emissions monitoring and trafic management system, 8th International Conference on technology and quality for sustained development”, TQSD 2008, pag.221 – 227;
3. Oprean, I.M., „Automobilul modern. Cerințe, Restricții, Soluții.”, editura Academiei Române, București, 2003.
4. Andreescu, Cristian, Cruceru, Dragoș, „Recuperarea energiei cinetice a autovehiculelor”, Revista AutoTest, nr. 115, mai 2006.
5. Cofaru C., „Autovehiculul si mediul”, Editura Universitatii Transilvania, Brasov 1999
6. Bobescu Ghe., Radu Ghe., „Motoare pentru automobile si tractoare”, Chisinau, Editura Tehnica, 1998.
7. \*\*\*, [http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid\\_electric\\_vehicle](http://en.wikipedia.org/wiki/Hybrid_electric_vehicle)
8. \*\*\*, <http://www.hybridcenter.org/>
9. \*\*\*, [http://www.tayna.co.uk/catalog/334/0/Semi-tractor-Batteries\\_Varta](http://www.tayna.co.uk/catalog/334/0/Semi-tractor-Batteries_Varta)
10. \*\*\*, <http://news.thomasnet.com/fullstory/800783>
11. \*\*\*, <http://www.eco-style.ro/2011/04/masini-hibride/>
12. \*\*\*, <http://www.bosch.com.ro/>
13. \*\*\*, [http://www.toyota-global.com/innovation/environmental\\_technology/hybrid/](http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/hybrid/)
14. \*\*\*, <http://automobiles.honda.com/insight-hybrid/>
15. \*\*\*, <http://www.lexus.com/hybrids/>
16. \*\*\*, <http://www.ford.com/suvs/escape/>