

Capitolul 1

ETAPE ALE EVOLUȚIEI TRANSMISIILOR AUTOMOBILELOR

1.1 Cerințe ale transmisiei pentru piețe globale și tendințe

Transmisia are rolul de a modifica momentul motor în funcție de cerințele impuse de autovehicul, drum, conducător și mediu, și de a-l transmite de la motor către roți.

Cerințele impuse transmisiei referitoare la drum au în vedere deplasarea automobilului pe diverse drumuri: noroioase, abrupte, de munte, acoperite cu mazăgă, autostrăzi montane, autostrăzi plate, străzi urbane, trasee deșertice, drumuri nepavate, drumuri suburbane, drumuri aglomerate [51].

O altă categorie de cerințe impuse transmisiei vizează conducerea în diferite situații: pe timp de noapte, în condiții de ploaie, prin intersecții, pasaje, sens giratoriu, prin stații de taxare, oprirea la indicator, demararea, depășirea,

În ceea ce privește conducătorul automobilului, cerințele se împart în două categorii: cerințe raționale (deplasarea către destinația dorită) și cerințe emoționale (să existe satisfacția de a conduce) [51].

O serie de factori cheie pot fi considerați pentru dezvoltarea curentă și viitoare a transmisiei: economie de combustibil, cost, confort, performanță și arhitectură (tabel 1.1).

Tabel 1.1. Cerințe impuse transmisiei [38].

	Factor cheie				
	<i>Economie de combustibil</i>	<i>Cost</i>	<i>Confort</i>	<i>Performanță</i>	<i>Arhitectură</i>
Cerință	Eficiență Legislație Gama de variație a raportului de transmitere Pornire-oprire	Preț unitate Modularitate Sancțiuni	Calitatea schimbării Maniabilitate Diversitate Silențiozitate	Accelerare Demarare Conduc sportiv	4x4 Hibridă DCT

În figura 1.1 sunt prezentate cerințele care se impun transmisiei pentru diferite piețe globale: America de Nord, America de Sud, Europa și Asia.

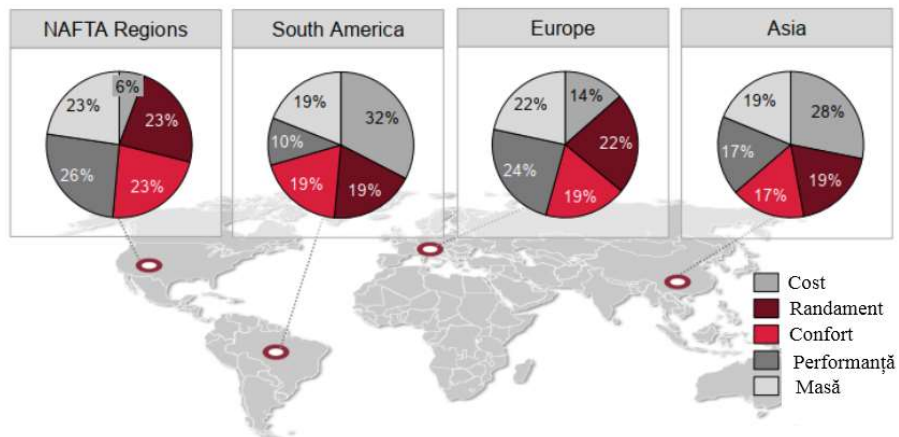


Fig. 1.1. Cerințe impuse transmisiei în funcție de destinația zonei de utilizare a automobilelor [38].

Din figura 1.1 se poate observa că în America de Sud și Asia cerințele impuse transmisiei se axează pe cost, iar în Europa și America de Nord cerințele se axează pe creșterea performanțelor transmisiei.

1.2 Clasificarea transmisiilor. Avantaje și dezavantaje

În ceea ce privește clasificarea transmisiilor utilizate în construcția automobilelor, acestea se clasifică după mai multe criterii cum ar fi modul de variație a raportului de transmitere, modul de schimbare a treptelor, întreruperea fluxului de putere. Clasificarea acestora este centralizată în tabelul 1.2.

Tabel 1.2. Tipuri de transmisii utilizate la automobile [33].

Tipuri de transmisii	Cu variație în trepte a raportului de transmitere	transmisii manuale	nesincronizate	schimbare manuală
			sincronizate	
		transmisii automatizate	semiautomate	schimbare automată
			automate	
	transmisii automate	Cu dublu ambreiaj	schimbare automată a cuplului și turației	
		convenționale		
	transmisii hibride	serie	schimbare automată a cuplului și turației	
		paralel		
		mixte		
	Cu variație continuă a raportului de transmitere	mecanice		curea
		toroidale		
hidraulice		hidrostatice		
		electrice		

■ cu întreruperea fluxului de putere - ambreiaj neautomatizat

■ fără întreruperea fluxului de putere - ambreiaj automatizat

În tabelul 1.2 clasificarea transmisiilor se face ținând seama de: modul de variație a raportului de transmitere (în trepte sau continuu), modul de funcționare al ambreiajului (dacă se întrerupe sau nu fluxul de putere) și modul cum se realizează schimbarea treptelor de viteză.

Având în vedere clasificarea transmisiilor, în tabelul 1.3 sunt prezentate avantaje și dezavantaje ale acestor transmisi [10], după criterii cum ar fi: cost, fiabilitate, confort, randament, performanțe dinamice, emisii poluante și consum de combustibil.

Tabel 1.3. Avantaje și dezavantaje ale transmisiilor.

Tip transmisie	Avantaje	Dezavantaje
Manuală	randament ridicat	întreruperea fluxului de putere
	preț redus	
	fiabilitate ridicată	confort redus
Automatizată	randament ridicat	întreruperea fluxului de putere
	cost sporit	
Automată	amplificarea automată a cuplului transmis	pierderi hidraulice
	confort sporit	
	deplasare cu viteză redusă la ralanti	cost ridicat
Cu dublu ambreiaj	neîntreruperea fluxului de putere	automobilul nu se deplasează la ralanti cu viteze reduse
	adaptabilitate ușoară la automobilele hibride	
Cu variație continuă a raportului de transmitere	dimensiuni reduse	pierderi hidraulice
	confort sporit	limitarea cuplului transmis
Hibridă	consum de combustibil și emisii poluante reduse	cost ridicat

Analizând tabelul 1.3 se observă că transmisia hibridă are avantajul reducerii consumului de combustibil și a emisiilor poluante ceea ce constituie un avantaj foarte important având în vedere restricțiile impuse constructorilor de automobile.

1.3 Producția de transmisii

Pentru a analiza dezvoltarea transmisiilor, în acest subcapitol este prezentată producția de transmisii la nivel global până în anul 2019 (fig. 1.2), tendința după acest an și producția la nivelul Europei.

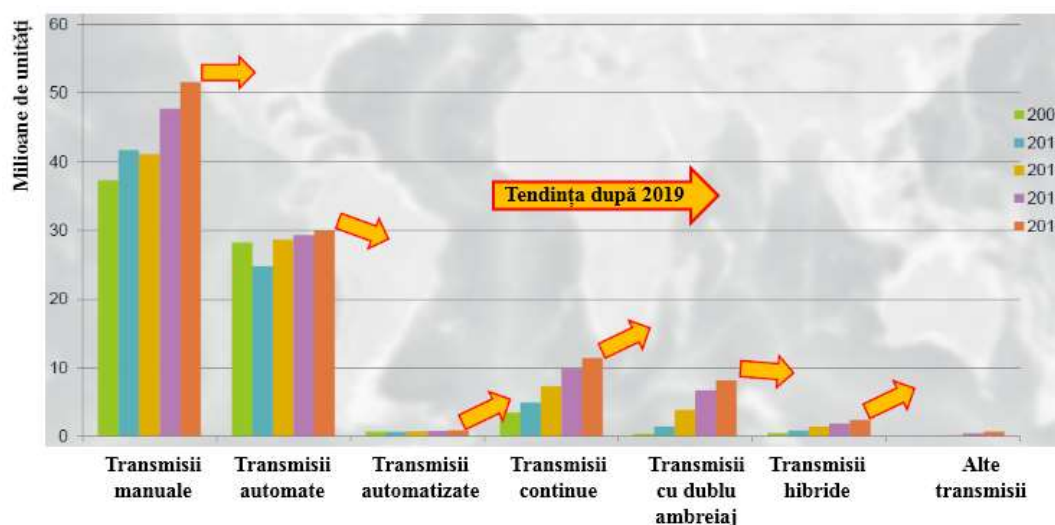


Fig. 1.2. Producția de transmisii la nivel global [14].

Se observă că în prezent transmisiile manuale sunt cele mai utilizate, fiind urmate de transmisiile automate. În ceea ce privește anul 2019, se poate remarca o stagnare a producției transmisiilor manuale la nivel global și o creștere a producției transmisiilor hibride (fig. 1.3).

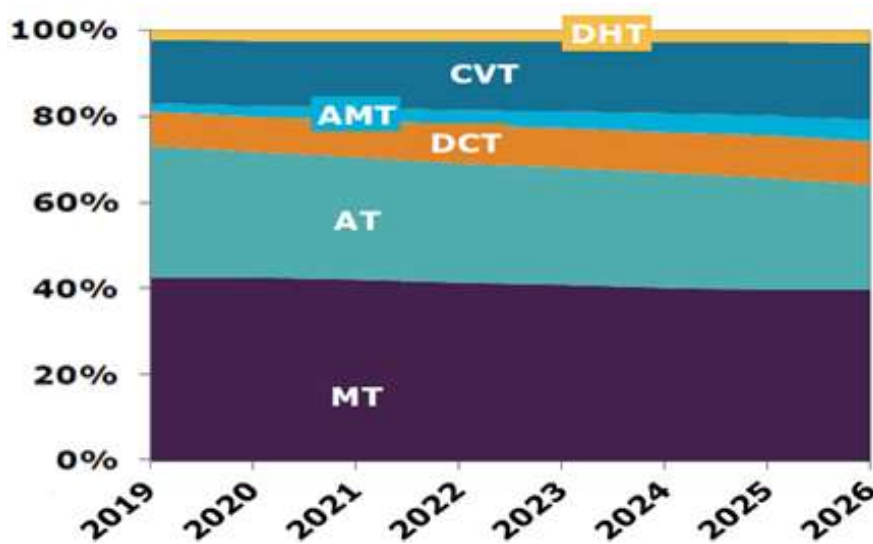


Fig. 1.3. Dezvoltarea transmisiilor la nivel global după anul 2019 [56].

MT – Transmisii manuale, AT – Transmisii automate, DCT – Transmisii cu dublu ambreiaj, AMT – Transmisii automatizate, CVT – Transmisii continue, DHT – Transmisii hibride dedicate.

Din figura 1.3 se observă că ponderea transmisiilor cu variația raportului de transmitere în trepte este ridicată și se va menține la peste 80%. Ponderea diverselor tipuri de transmisii este puternic influențată de preferințele utilizatorilor din diverse piețe de desfacere.

În figura 1.4 se prezintă o analiză a evoluției producției de transmisii pentru piața europeană cu detalierea evoluției numărului de trepte.

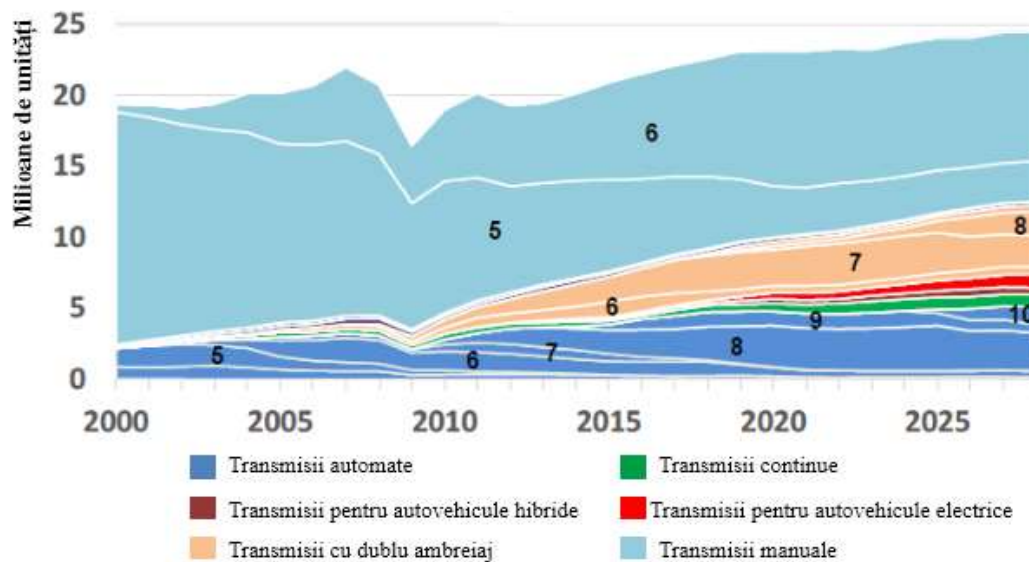


Fig. 1.4. Producția de transmisii în Europa [11].

Analizând figura 1.4 se constată o dominanță a transmisiilor manuale. În ceea ce privește numărul de trepte pentru aceste transmisii se observă că sunt folosite maximum 6 trepte. Cu privire la transmisiile cu dublu ambreiaj se remarcă o creștere a producției acestora, fiind produse transmisii cu 8 trepte. Analizând producția de transmisii continue se evidențiază o creștere semnificativă după anul 2020.

1.4 Conlucrarea transmisiei automobilului cu motorul termic

În vederea reducerii nivelului de emisii de CO₂ privind noile reglementări CAFE, câteva dintre soluțiile intens abordate de producătorii de automobile privind motorul cu ardere internă sunt: supraalimentarea, implementarea sistemului pornire-oprire (Start-Stop), reducerea turației (downspeeding), reducerea dimensiunilor (downsizing), dezactivarea cilindrilor, antrenarea electrică a unor echipamente auxiliare.

Având în vedere soluțiile aplicate motorului cu ardere internă pentru reducerea consumului de combustibil, trebuie ca transmisia să fie adaptată pentru a răspunde cerințelor motorului. De exemplu, trebuie să fie adaptată la nivelul ridicat al vibrațiilor torsionale când numărul de cilindri este redus, să fie menținută plăcerea de conducere a automobilului, să fie proiectată cu una sau două trepte de supraviteză, să fie adaptată pentru a echipa autovehicule hibride, etc.

Transmisia modernă trebuie să impună funcționarea motorului cu ardere internă cât mai mult în zona polului economic [36]. În continuare este prezentată evoluția transmisiei din punct de vedere al conlucrării cu motorul termic (fig. 1.5...fig. 1.8).

a. În prima fază, sistemul de transmisie a servit ca un simplu transmițător al momentului la roată.

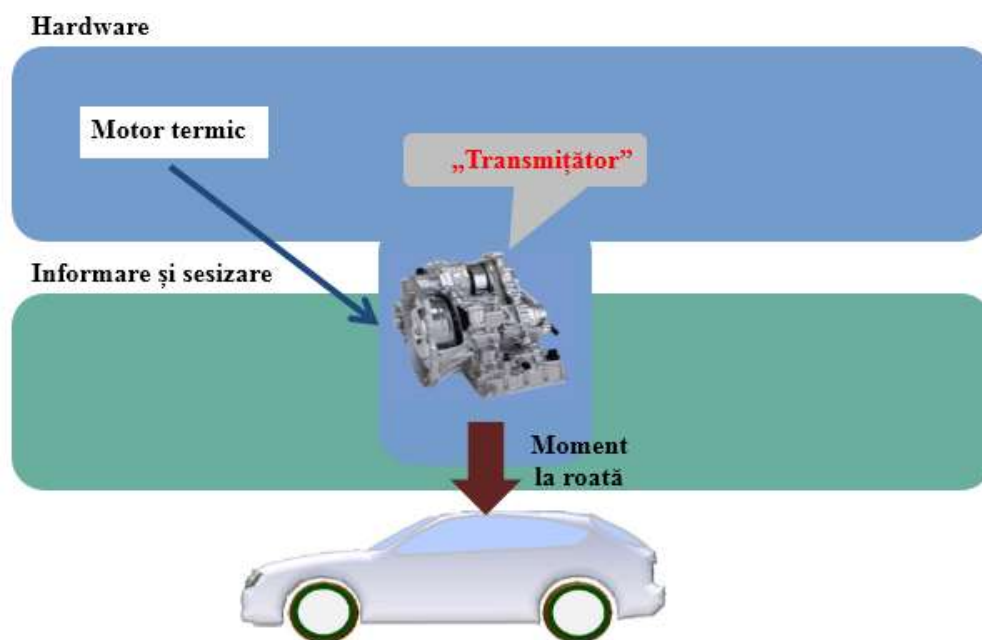


Fig. 1.5. Evoluția transmisiei în raport cu motorul cu ardere internă – faza 1 [32].

b. Transmisia și motorul termic acționează împreună pentru a îmbunătăți performanțele automobilului (faza 2).

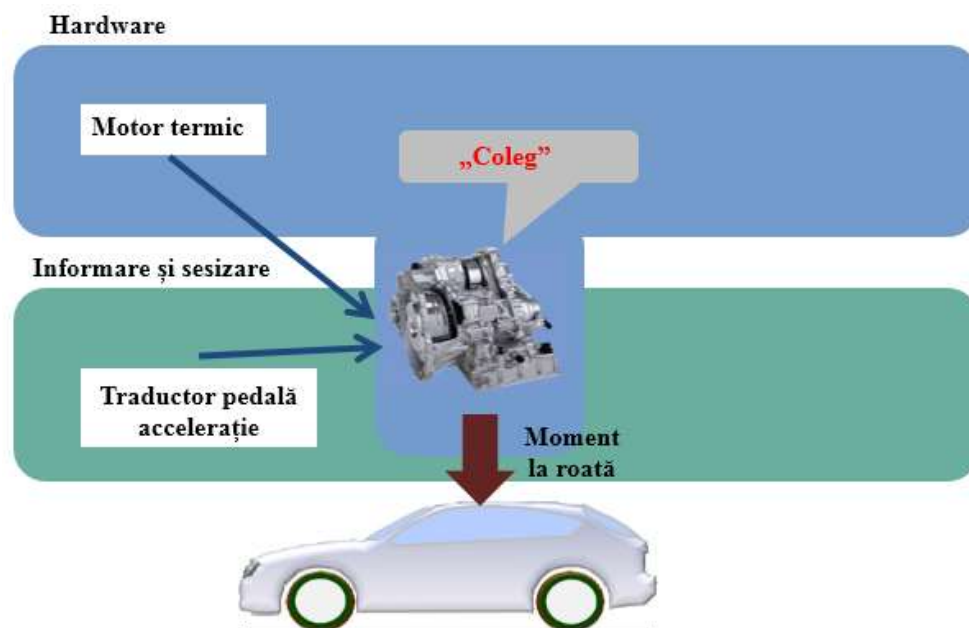


Fig. 1.6. Evoluția transmisiei în raport cu motorul cu ardere internă – faza 2 [32].

c. Transmisia controlează motorul termic pentru a menține alte părți hardware în condiții bune de funcționare (faza 3).

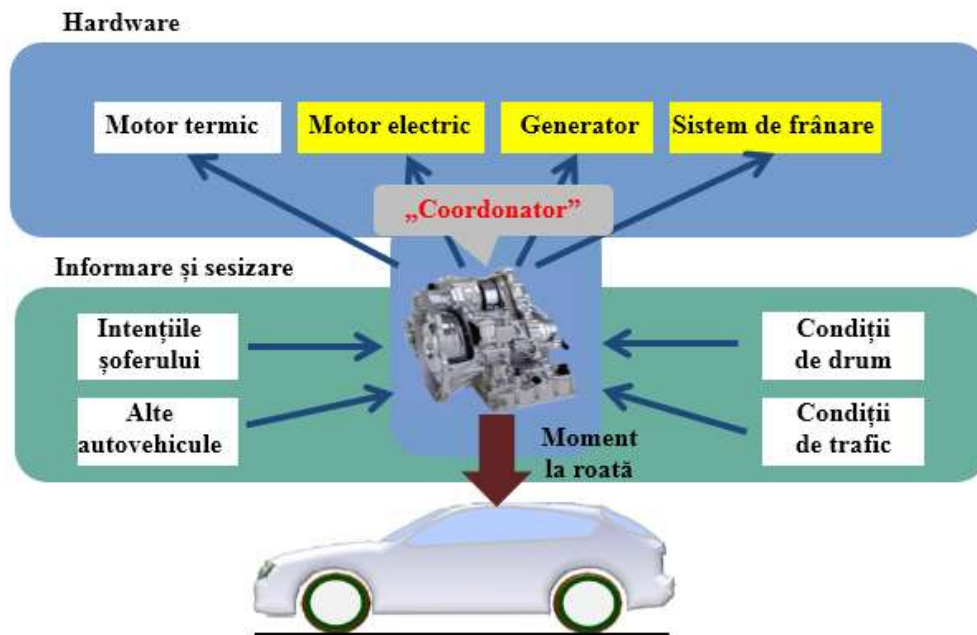


Fig. 1.7. Evoluția transmisiei în raport cu motorul cu ardere internă – faza 3 [32].

d. Transmisia modernă comandă transmiterea finală a momentului la roată și pentru fiecare parte hardware, monitorizând momentul la roată (faza 4).

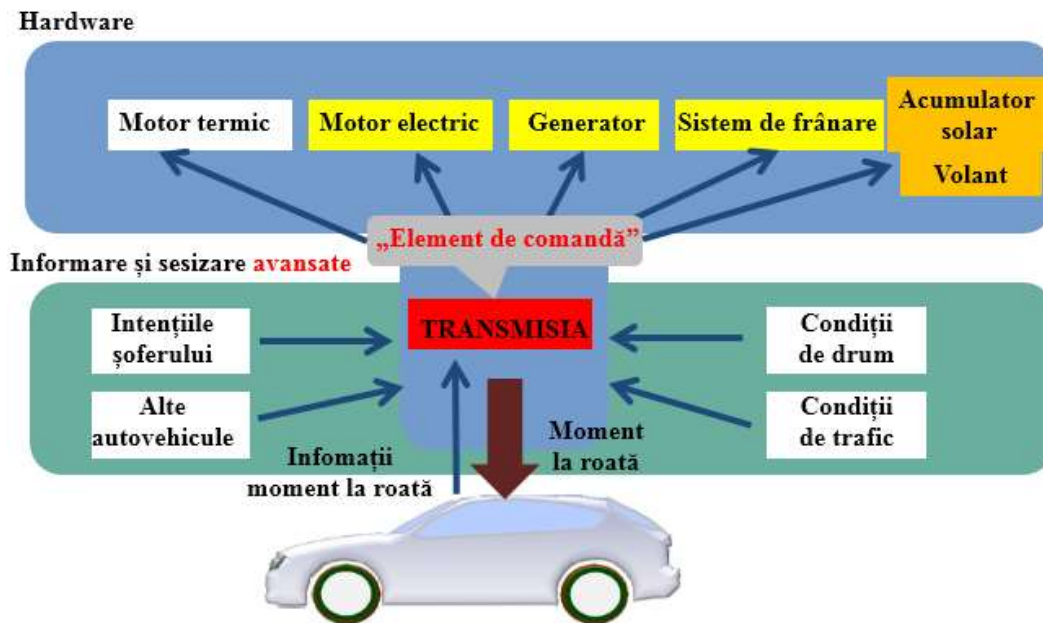


Fig. 1.8. Evoluția transmisiei în raport cu motorul cu ardere internă – faza 4 [32].

Analizând figura 1.8 se observă că în funcție de informațiile primite de la autovehicul transmisia impune funcționarea motorului termic, având ca efect reducerea consumului de combustibil și a emisiilor poluante.

Pentru a impune motorului termic funcționarea cât mai apropiată de polul economic, o soluție aplicată intens în construcția transmisiilor este creșterea numărului de trepte, fiind evidențiată în figura 1.9 influența numărului de trepte asupra distribuției punctelor de funcționare ale motorului cu ardere internă.

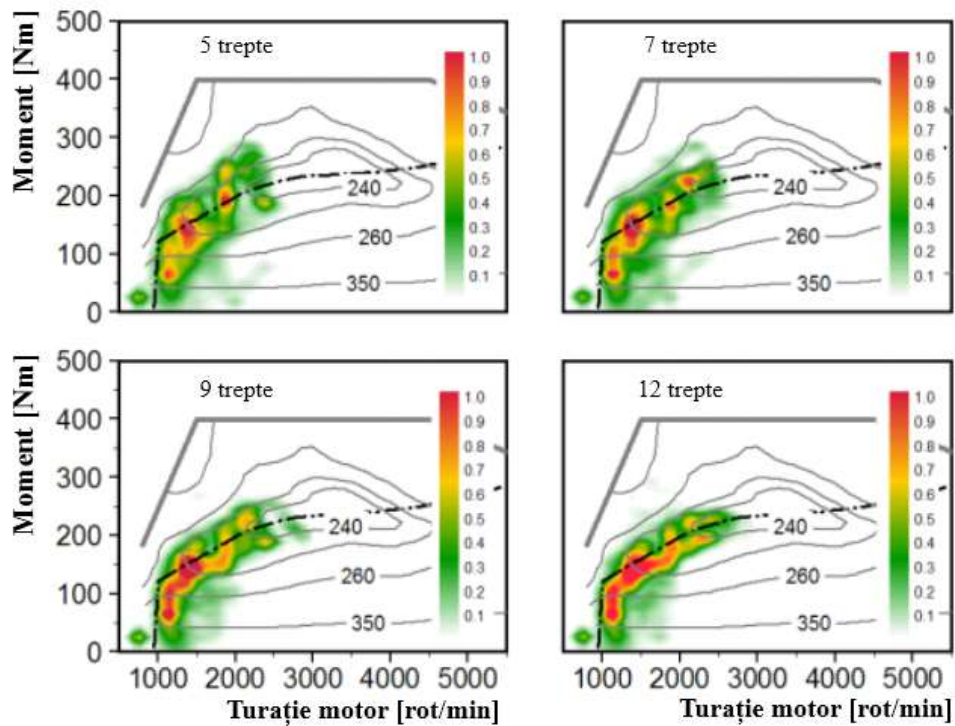


Fig. 1.9. Influența numărului de trepte asupra consumului de combustibil [38].

Crescând numărul treptelor de viteză, consumul de combustibil este îmbunătățit prin funcționarea motorului termic cu randament ridicat după cum se evidențiază în figura 1.10.

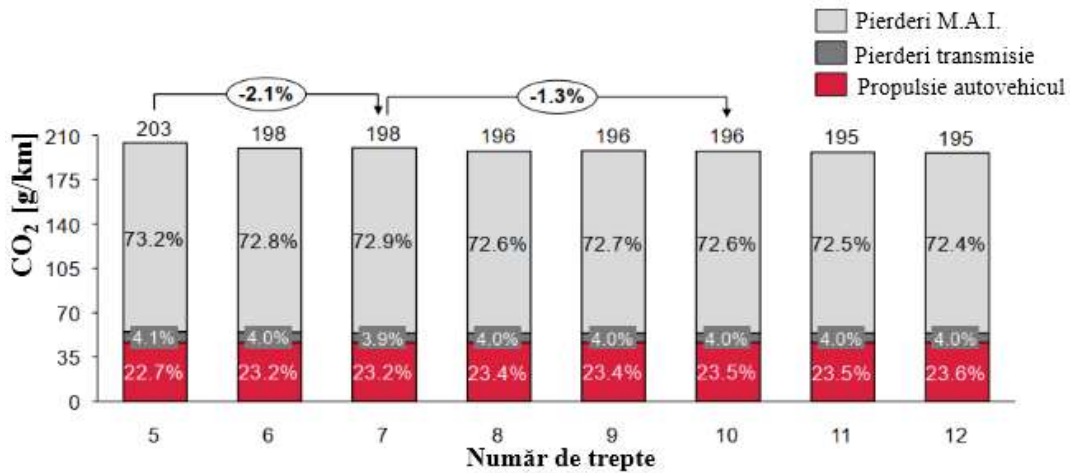


Fig. 1.10. Influența numărului de trepte asupra pierderilor [38].

Analizând figura 1.10 se poate observa că utilizarea unei transmisii cu 6 trepte de viteză implică o reducere a pierderilor motorului termic cu 0,4 % comparativ cu o transmisie cu 5 trepte de viteză și o reducere cu 2,1 % a emisiilor de CO₂.

Pentru a evidenția influența tipului transmisiei asupra forței de tracțiune în figura 1.11 este reprezentată caracteristica de tracțiune pentru mai multe tipuri de transmisii.

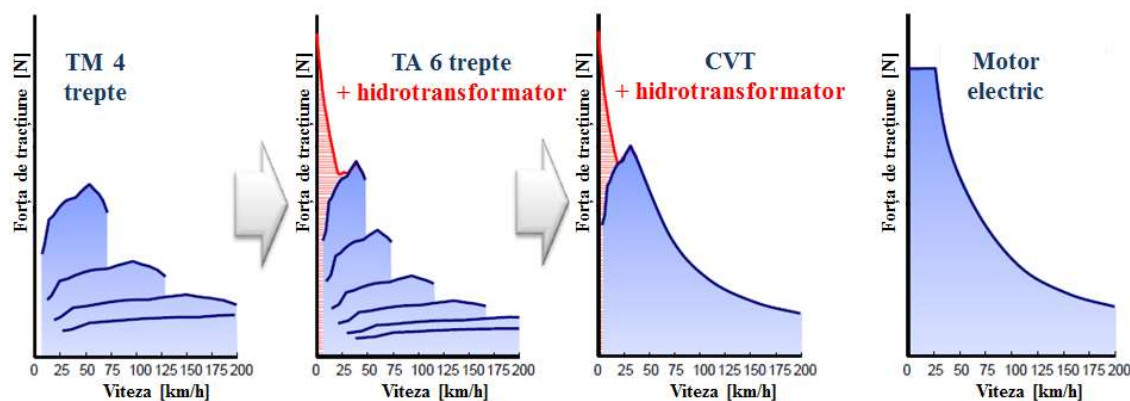


Fig. 1.11. Evoluția transmisiei și influența obținută asupra caracteristicii de tracțiune [21].

TM – Transmisie manuală, TA – Transmisie automată, CVT – Transmisie continuă.

În cazul transmisiei manuale cuplul nu este amplificat în mod continuu ca în cazul transmisiei automate, ceea ce influențează caracteristica de tracțiune. Se observă că pentru a obține o caracteristică ideală de tracțiune, cum este caracteristica unui motor electric, se poate utiliza o transmisie continuă cu hidrotransformator.

1.5 Evoluții ale arhitecturilor transmisiilor moderne

Autovehiculele hibride reprezintă o soluție modernă pentru reducerea considerabilă a consumului de combustibil, de aceea și vânzările acestora au crescut de la an la an [68]. La începutul acestui subcapitol, se prezintă câteva arhitecturi de transmisii utilizate pentru sisteme de propulsie hibride. În continuare, vor fi prezentate diverse arhitecturi de transmisii proiectate pentru reducerea lungimii transmisiei.

1.5.1 Transmisii pentru sisteme de propulsie hibride

Sistemul de propulsie hibrid definește un sistem de propulsie care are în componența sa pe lângă un sistem convențional cu motor cu ardere internă încă cel puțin un sistem (electric, hidraulic sau pneumatic) capabil să furnizeze cuplul de tracțiune la roțile automobilului și să recupereze o parte din energia cinetică în fazele de decelerare [35].

În figura 1.12 este reprezentat potențialul de reducere a consumului de combustibil în mai multe cicluri de deplasare: NYCC – New York City Cycle, NEDC – New European Driving Cycle, WLTC – Worldwide harmonized Light vehicles Test Cycles și Highway Fuel Economy Driving Schedule, având în vedere 3 moduri de funcționare hibride: oprire/pornire, recuperarea energiei la frânare și funcționarea motorului cu ardere internă în zona polului economic, utilizând energia care nu este necesară pentru tracțiune, în funcțiile de condițiile de deplasare, pentru încărcarea bateriilor.

Se observă o reducere a consumului de combustibil între 10-15 % pentru viteze mai mici de 50 km/h prin recuperarea energiei la frânare. De asemenea, pentru viteze mici, 10-20 km/h, reducerea consumului de combustibil este semnificativă prin utilizarea funcției oprire/pornire, la viteze mai mari de 70 km/h reducerea fiind sub 1 %.

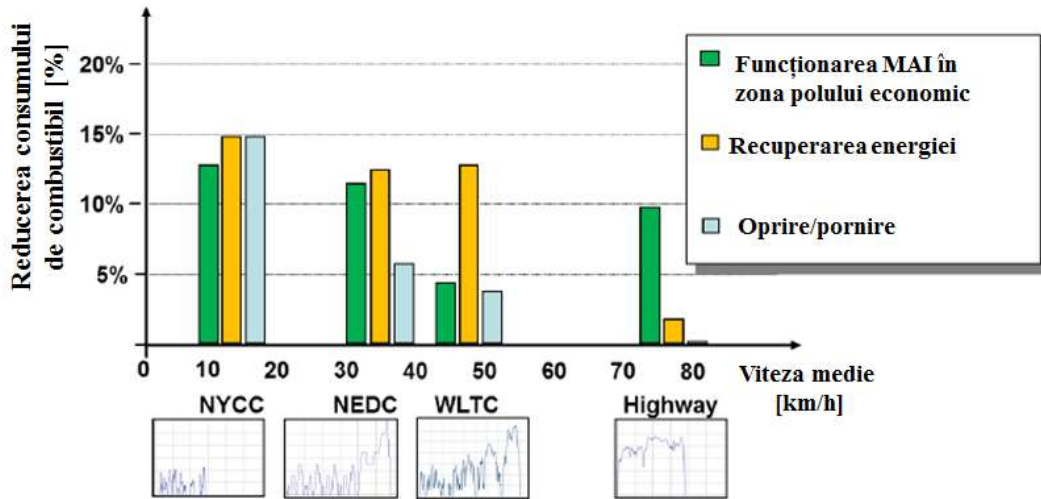


Fig. 1.12. Potențialul de reducere a consumului de combustibil al funcțiilor sistemului hibrid [18].

Având în vedere cerințele impuse industriei de automobile cu privire la emisiile de CO₂ și consum de combustibil nu există șanse ca aceste obiective să fie atinse fără mai multe arhitecturi ale sistemelor hibride în ciuda progreselor făcute asupra motoarelor cu ardere internă. În literatura de specialitate se diferențiază mai multe tipuri de arhitecturi: serie, paralele și mixte. Cele serie nu sunt foarte utilizate, cele mai utilizate fiind cele paralele și mixte. În figura 1.13 sunt prezentate arhitecturile sistemelor hibride paralele.

Cea mai ușoară arhitectură pentru tensiuni joase este arhitectura P1, arhitectură care utilizează curea între motorul termic și mașina electrică. Această arhitectură necesită modificări mici ale componentelor sistemului de propulsie, limitând astfel costul, dar utilizarea curelei pentru a transmite puterea are unele dezavantaje. În primul rând cureaua limitează puterea la aproximativ 10 kW, însă principalul dezavantaj este că în arhitectura P1 motorul termic nu este niciodată decuplat de mașina electrică, eficiența sistemului hibrid fiind astfel limitată pentru că transferurile de energie induc pierderi. Astfel, în arhitectura P1, chiar și pentru sistemele 48V, fazele pur electrice nu sunt benefice din punct de vedere al managementului energetic.

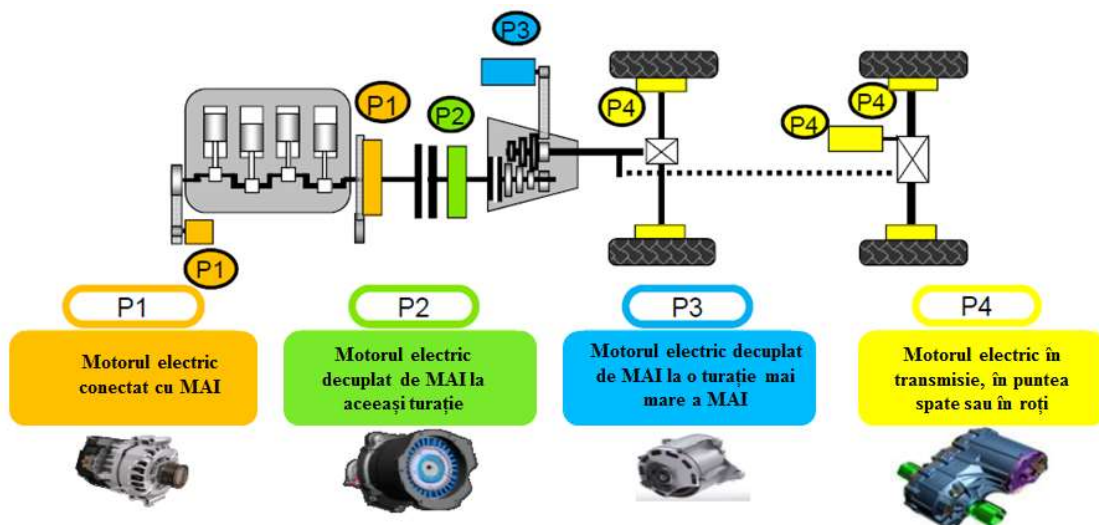


Fig. 1.13. Arhitecturi ale sistemelor hibride [13].

Arhitecturile P2, P3 și P4 sunt mai eficiente privind fluxul de energie. Cu puterea obținută în cazul acestor arhitecturi cu tensiunea de 48 V, sunt asigurate toate modurile de funcționare hibride, inclusiv deplasarea în modul pur electric. Aceste arhitecturi implică mai multe modificări ale sistemului de propulsie, dar reducerea emisiilor de CO₂ este mai mare decât în cazul arhitecturii P1. Se mai folosește configurația cu mașină electrică doar pe o ramură a transmisiei cu dublu ambreiaj, această configurație fiind numită P2.5.

Arhitecturile sistemelor de propulsie hibride mixte sunt obținute fie prin adăugarea unei mașini electrice secundare structurii paralele, fie prin folosirea unor transmisii hibride dedicate (DHT – Dedicated Hybrid Transmission).

Este important ca mașina electrică secundară să poată fi decuplată de mașina electrică principală, configurațiile posibile fiind prezentate în tabelul 1.4.

Tabel 1.4. Arhitecturi ale sistemelor hibride mixte.

		Mașina electrică secundară				
		P0	P1	P2	P3	P4
Mașina electrică principală	P0					
	P1					
	P2	x	x			
	P3	x	x	x		
	P4	x	x	x		

Transmisia care are o sursă de energie electrică complet integrată, iar funcționalitatea acesteia depinde de componentele electrice integrate se numește **transmisie hibridă dedicată**. Fără o mașină electrică, transmisia nu poate îndeplini cerințele. Astfel, dacă o transmisie hibridă nu utilizează mașina electrică pentru a îndeplini cerințele funcționale ale transmisiei, aceasta nu este transmisie hibridă dedicată [18], ci o transmisie hibridă (Add-On).

Un exemplu de transmisie hibridă (Add-On) este transmisia de VW DQ400e prezentată în figura 1.14.

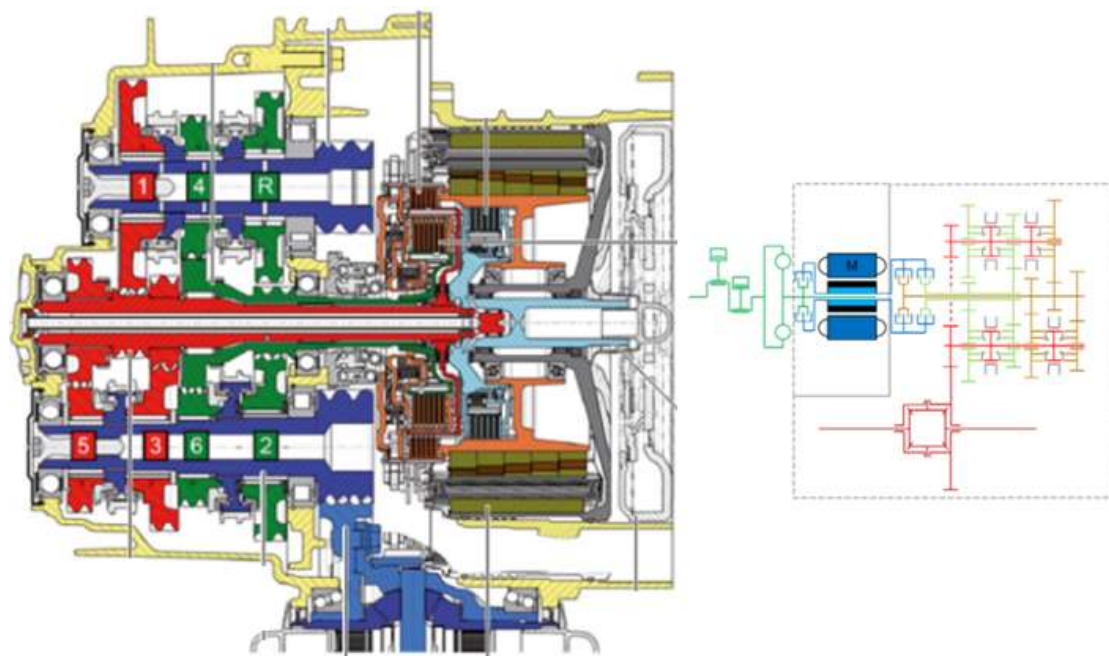


Fig. 1.14. Transmisie hibridă (VW DQ400e) [18].

Pornind de la o transmisie cu dublu ambreiaj se poziționează un modul între aceasta și motor. În cadrul acestui modul există un ambreiaj pentru a decupla motorul cu ardere internă și un motor electric ca o a doua sursă de energie, fiind un așa zis "hibrid paralel". Spre deosebire de transmisia hibridă dedicată, această transmisie oferă funcționalitățile complete ale unei transmisii convenționale cu dublu ambreiaj chiar și cu motorul electric eliminat.

Autovehiculul hibrid VW DQ400e este echipat cu un motor cu ardere internă având puterea de 110 kW, motor electric 75 kW, transmisie cu dublu ambreiaj (6 trepte), decuplată de motor prin ambreiajul adăugat. Cele două moduri de operare sunt electric (6 rapoarte) și paralel hibrid (6 rapoarte).

În anul 1997 Toyota a introdus un concept de transmisie total diferit și anume un autovehicul hibrid dedicat utilizării propulsiei electrice integrate complet, având în vedere trei deziderate: utilizarea unui motor cu ardere internă cu randament indicat (ciclul Atkinson), utilizarea unui sistem de control avansat care să asigure funcționarea permanentă a sistemului la regimul optim și reducerea pierderilor de energie și regenerarea acesteia. Toyota Prius a fost primul autovehicul echipat cu transmisie hibridă dedicată (fig. 1.15).

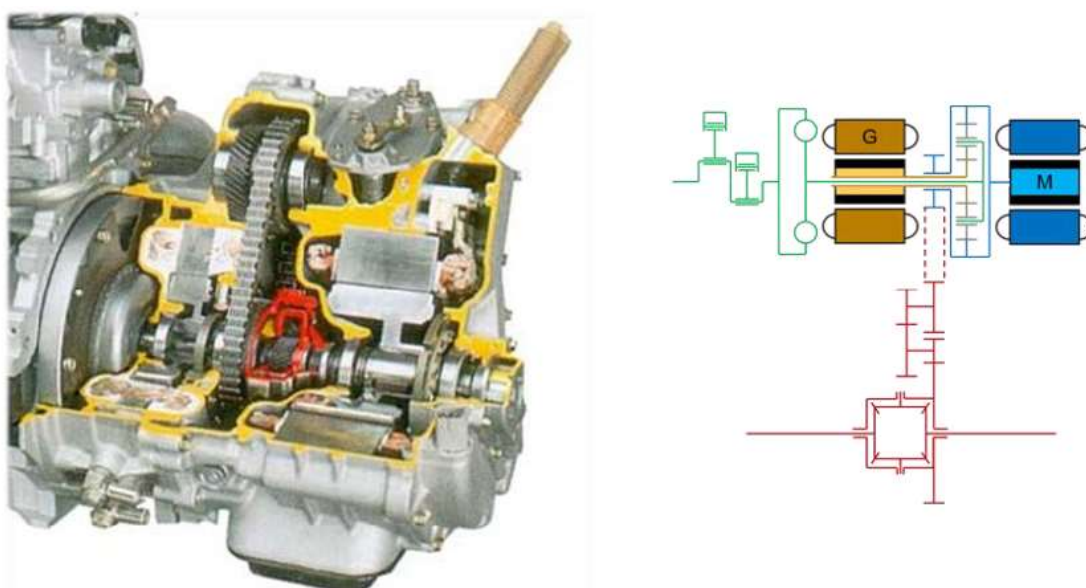


Fig. 1.15. Prima transmisie hibridă dedicată (Toyota Prius) [18].

Autovehiculul Toyota Prius este echipat cu un motor cu ardere internă cu puterea de 43 kW, două mașini electrice având puterea 30 kW și 15 kW, transmisie cu mecanism planetar. Generatorul electric este montat pe arborele solarei, iar motorul electric este montat pe același arbore cu coroana. Arborele coroanei și al motorului electric transmite mișcarea la roțile automobilului printr-o transmisie cu lanț și prin transmisia principală.

Motorul cu ardere internă transmite mișcarea direct la platoul portsatețiți, care împarte cuplul în două, o parte o transmite direct la puntea motoare prin coroana mecanismului planetar, iar cealaltă parte la generatorul electric prin solara mecanismului planetar. Motorul electric reconvertește energia electrică produsă în generator în energie mecanică și este transmisă punții motoare.

În cazul autovehiculului Toyota Prius sunt posibile trei moduri de funcționare, [18]:

A. Modul electric – deplasarea cu viteze reduse;

B. Modul paralel hibrid – puterea de la motorul termic se împarte în mecanismul planetar, o parte ajunge direct la puntea motoare prin coroană, iar cealaltă parte antrenează generatorul electric, astfel energia produsă de acesta este utilizată de motorul electric care suplimentează cuplul la puntea motoare;

C. Modul e-paralel hibrid - motorul electric primește în plus energie și de la baterii față de energia primită de la generator, mărindu-se astfel puterea la puntea motoare.

În figura 1.16 sunt reprezentate caracteristicile de tracțiune pentru cele trei moduri de funcționare [35]. Se poate observa o creștere semnificativă a vitezei automobilului când motorul electric primește suplimentar energie și de la baterii față de energia primită de la generator.

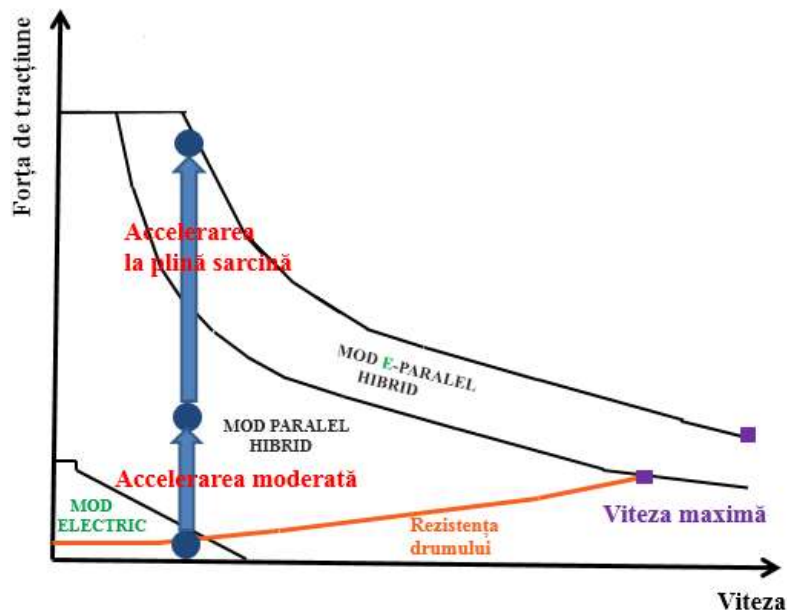


Fig. 1.16. Caracteristica de tracțiune a automobilului Toyota Prius.

În figura 1.17 este prezentată producția de transmisii hibride. Se observă, că transmisiile hibride dedicate sunt în curs de dezvoltare, fiind vândute de două ori mai multe transmisiile hibride dedicate decât suma celorlalte transmisiile hibride.

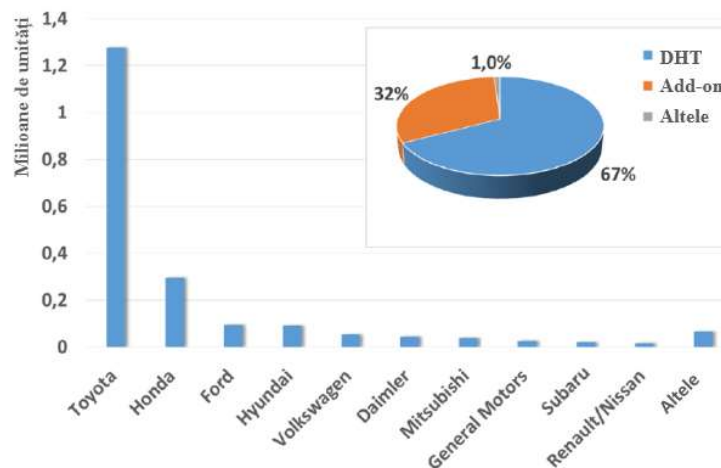


Fig. 1.17. Producția de transmisii hibride [18].

DHT – Transmisie hibridă dedicată, Add-on – Transmisie hibridă

Având în vedere că pentru a respecta restricțiile privind emisiile poluante este necesară hibridizarea și ținând seama de avantajele transmisiei manuale (masă redusă, eficiență ridicată și cost mic) constructorii de automobile au hibridizat această transmisie.

În cele ce urmează sunt prezentați pașii necesari pentru a hibridiza un autovehicul echipat cu transmisie manuală.

Pasul 1 este integrarea unui actuator de acționare a ambreiajului comandat independent sub forma unui sistem cu fir (fig. 1.18).

Un avantaj al acestei soluții este prevenirea utilizării necorespunzătoare a ambreiajului, evitând uzura prematură și reducerea duratei de viață. De asemenea, sunt și avantaje moderate din punct de vedere al emisiilor de CO₂.

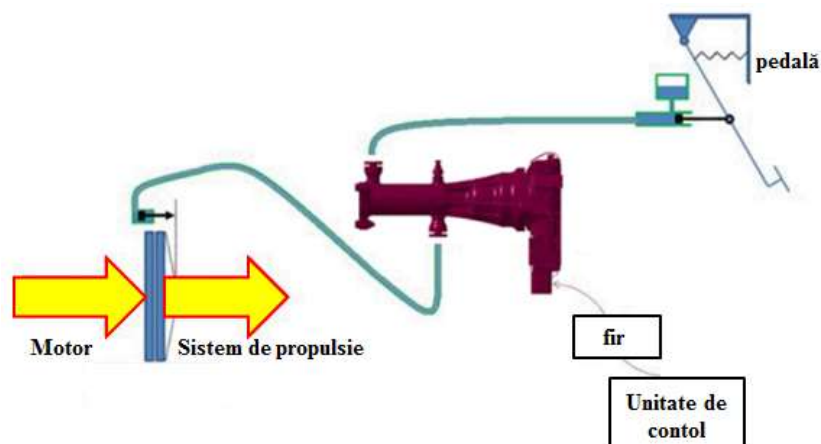


Fig. 1.18. Integrare actuator pentru acționarea ambreiajului [12].

Pasul 2 este integrarea în transmisie a unui motor electric la care se adaugă și un inverter, obținând astfel o transmisie manuală hibridă. Scopul a fost utilizarea unei arhitecturi P3 care să conecteze motorul electric la transmisia finală.

Integrarea mașinii electrice îmbunătățește în mod substanțial potențialul de reducere a emisiei de CO₂, dar oferă și un beneficiu funcțional suplimentar important prin utilizarea motorului electric conectat la ieșirea din transmisie se realizează parcare autonomă, nefiind astfel necesară intervenția șoferului.

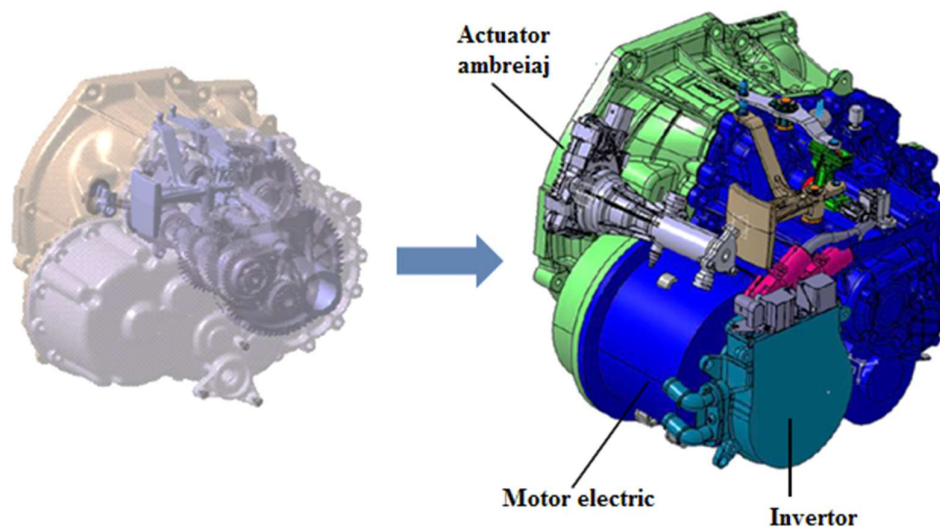


Fig. 1.19. Integrarea unui motor electric [12].

Pasul 3 presupune integrarea unei unități de schimbare automată a treptelor pentru a automatiza procesul de schimbare, transformând transmisia manuală hibridă într-o transmisie hibridă automatizată.

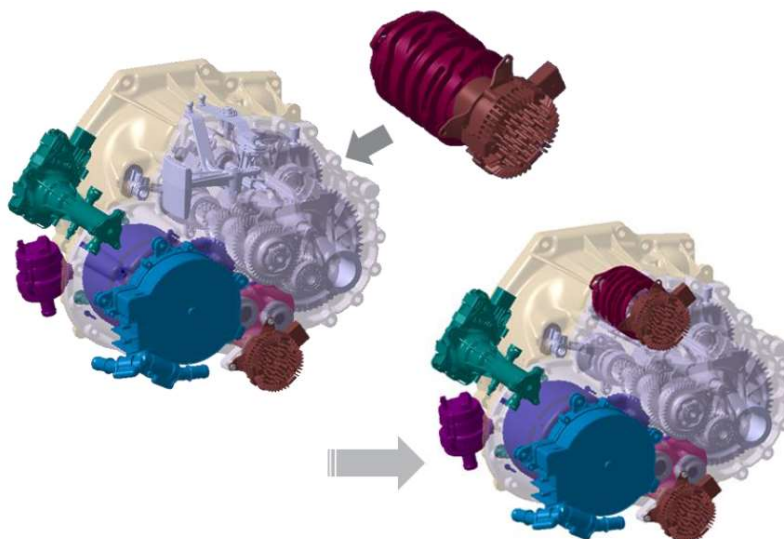


Fig. 1.20. Integrare actuator pentru schimbarea treptelor [12].

Această structură va înlătura dezavantajul funcțional al transmisiei manuale automatizate, și anume, cu ajutorul motorului electric fluxul de putere nu se mai întrerupe în timpul schimbării treptelor (fig. 1.21).

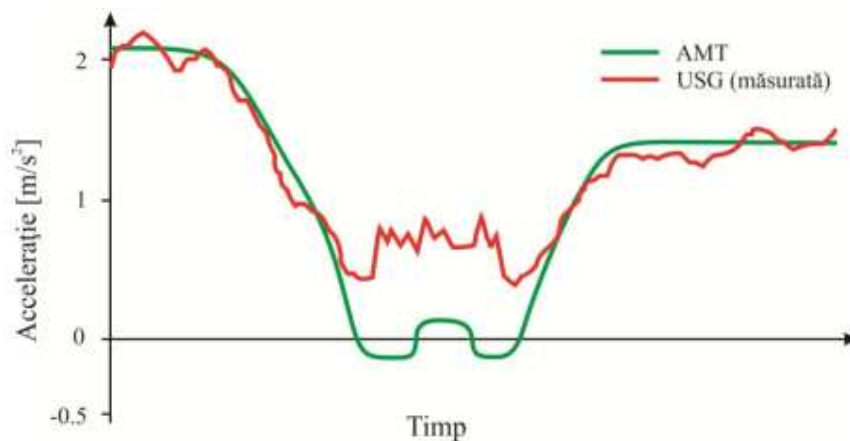


Fig. 1.21. Variația accelerației autovehiculului la schimbarea treptelor pentru transmisiile AMT și USG [48].

AMT – Transmisie manuală automatizată; USG - Transmisie cu schimbare neîntreruptă.

Arhitectura hibridă P3 permite utilizarea motorului electric în următoarele moduri de operare: deplasare pur electrică (la viteze mici), asistare la tracțiune, recuperarea energiei, modul oprire/pornire.

1.5.2. Soluții pentru reducerea dimensiunilor transmisiei

Creșterea numărului de trepte și hibridizarea sistemului de propulsie a generat arhitecturi noi pentru transmisii (de exemplu transmisia cu 3 ambreiaje) și optimizarea sau chiar reproiectarea componentelor transmisiei (în principal a sistemelor de cuplare).

În figura 1.22 este prezentat un schimbător de viteză cu 6 trepte. Soluția aplicată pentru reducerea lungimii este divizarea arborelui secundar.

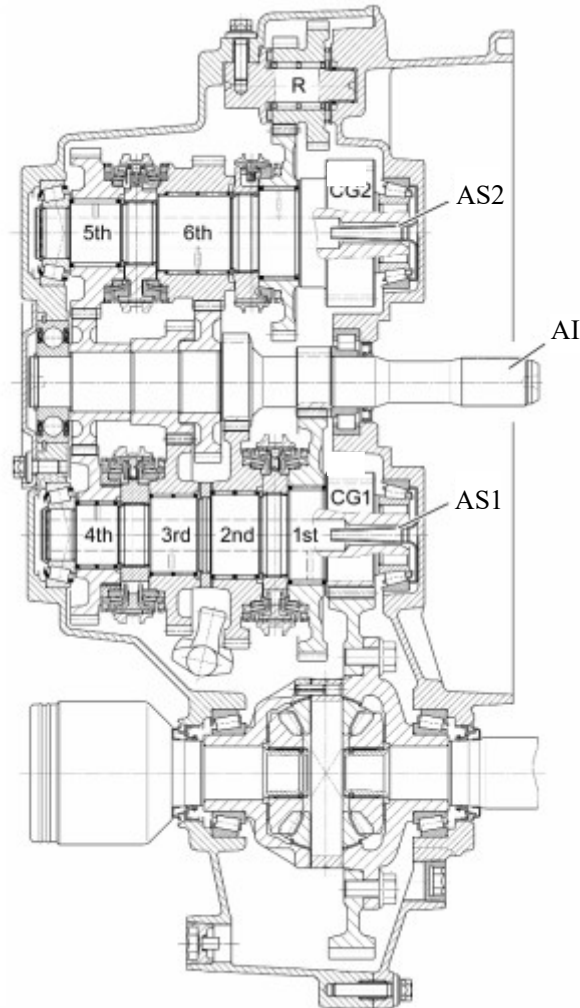


Fig. 1.22. Schimbător de viteză cu doi arbori secundari [33].

AI – arbore de intrare; AS – arbore secundar.

În cazul unei transmisii cu dublu ambreiaj o soluție pentru reducerea lungimii o reprezintă adăugarea unui arbore pe care montează o roată dințată care participă la realizarea treptei de mers înapoi (fig. 1.23).

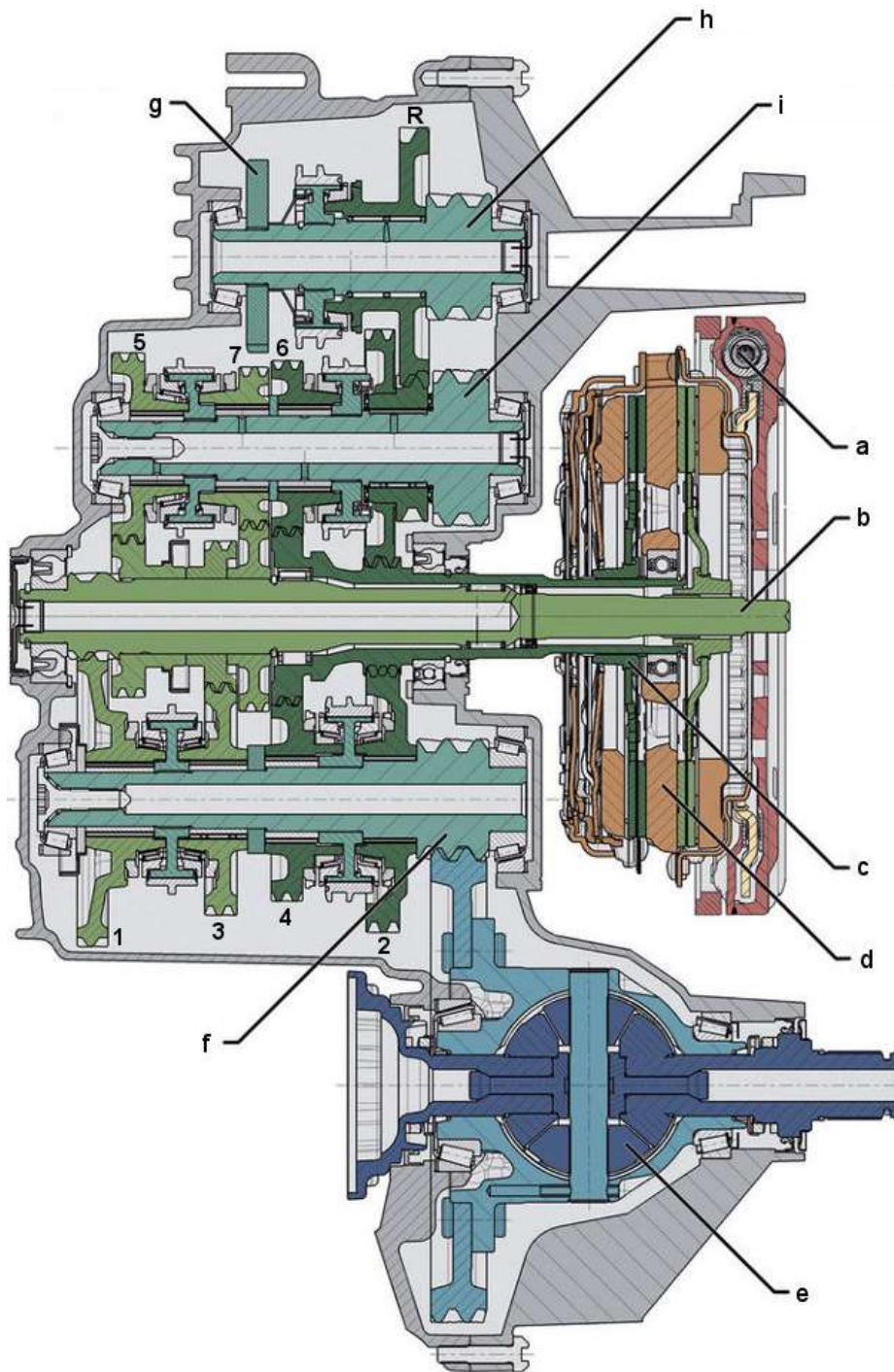


Fig. 1.23. Transmisie cu dublu ambreiaj [15].

a - amortizor de vibrații torsionale; b - arbore de intrare 1 (treptele 1, 3, 5 și 7); c - arbore de intrare 2 (treptele 2, 4, 6 și R); d - placă centrală intermediară ambreiaj dublu; e - diferențial; f, i - arbori de ieșire; g - roată dințată pentru parcare; h - arbore pentru treapta R.

O nouă transmisie dezvoltată pentru automobile este transmisia cu triplu ambreiaj (fig. 1.24.), pornind de la transmisia cu dublu ambreiaj. Astfel, adăugând un al treilea arbore concentric și un ambreiaj s-a obținut o transmisie cu un număr crescut de trepte de viteză pentru mersul înainte și cu o lungime mică ținând seama de numărul de trepte obținut.

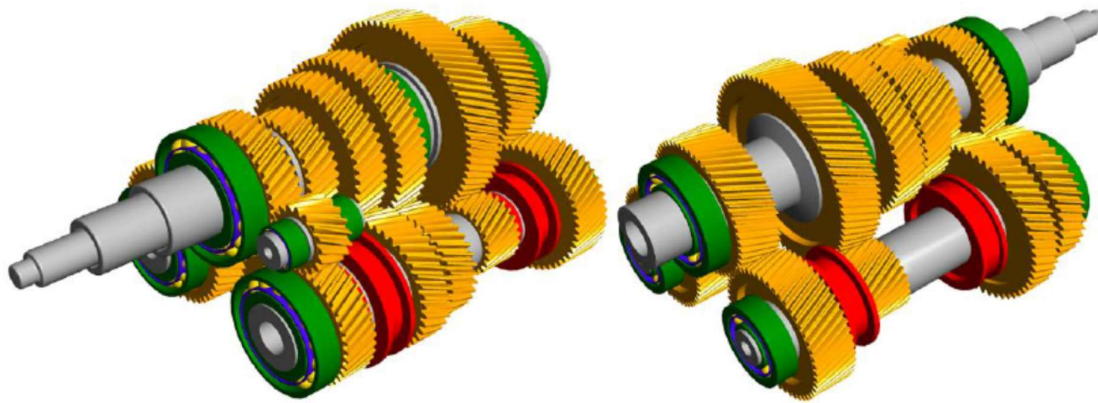


Fig. 1.24. Vedere izometrică a transmisiei cu triplu ambreiaj [46].

Această transmisie este formată din trei arbori de intrare coaxiali, doi arbori tubulari, trei sincronizatoare care cuplează câte 2 trepte și un sincronizator care cuplează doar o treaptă, 6 planuri de angrenaje formate de 16 roți dințate. Lungimea acestei transmisii este de aproximativ 560 mm, iar distanțele între arbori sunt de aproximativ 127 mm (fig. 1.25).

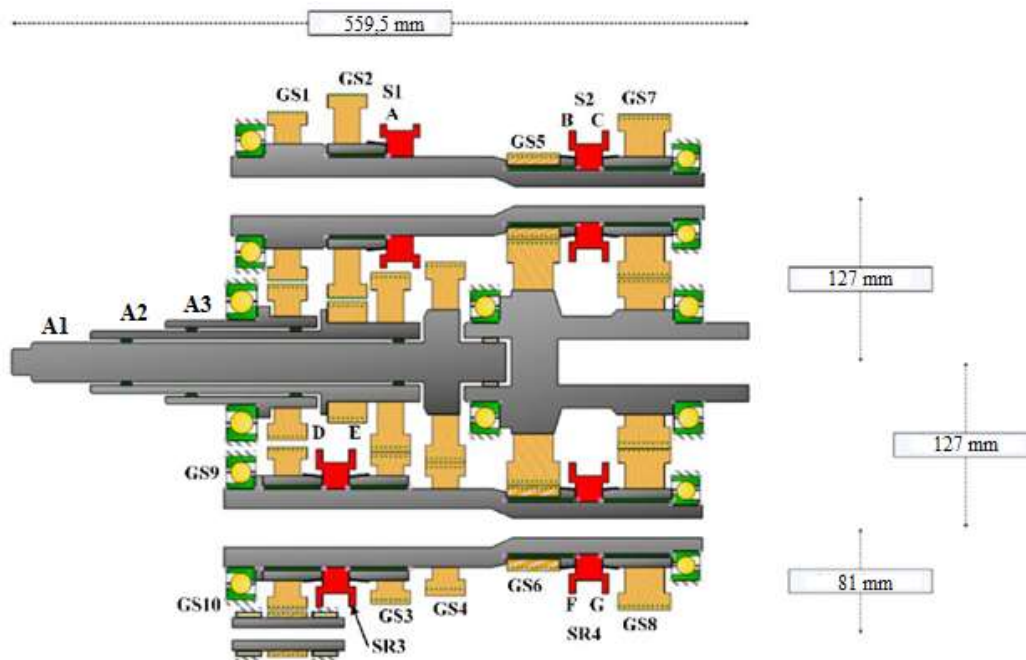


Fig. 1.25. Secțiune printr-o transmisie cu triplu ambreiaj [46].

Cu această transmisie pot fi realizate 11 trepte de viteză pentru mersul înainte cu secvență de schimbare "ambreiaj-ambreiaj". În tabelul 1.5 sunt centralizate rapoartele de transmitere. Pentru a nu întrerupe fluxul de putere în timpul procesului de schimbare sincronizatoarele trebuie să fie preselectate când o treaptă este cuplată.

Tabel 1.5. Modul de cuplare a treptelor.

Treapta	Raport	Pas	Ambreiaj			Sincronizator							
			A1	A2	A3	S1_A	SR3_D	SR3_E	S2_B	S2_C	SR4_F	SR4_G	
1	5,679												
2	4,439	1,28											
3	3,462	1,28											
4	2,674	1,29											
5	2,090	1,28											
6	1,653	1,26											
7	1,292	1,28											
8	1,007	1,28											
9	0,797	1,26											
10	0,623	1,28											
11	0,486	1,28											
Mers înapoi	3,762	-											

Ambreiaj acționat

Preselectat

↔ Mișcarea necesară în timpul unei trepte cuplate pentru a menține ambreiaj-ambreiaj

Dacă structura transmisiei și numărul treptelor de viteză într-o transmisie cu dublu ambreiaj rămân aceleași, atunci opțiunile pentru reducerea lungimii transmisiei în sine vor fi limitate. O soluție pentru reducerea lungimii este sincronizatorul compact (fig. 1.26) introdus de Schaeffler în anul 2014, care face posibilă reducerea spațiului de montare axial cu până la 10 mm pentru fiecare direcție de sincronizare.

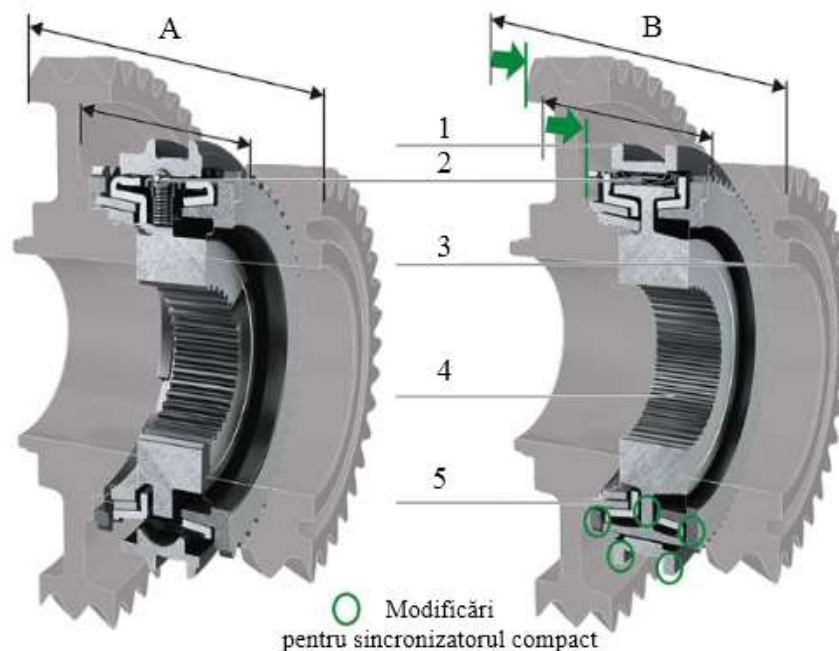


Fig. 1.26. Sincronizatorul compact Schaeffler [75].

A – sincronizatorul utilizat în tehnica actuală; B – sincronizatorul compact
1 – manșon glisant; 2 – pin ; 3 – corpul sincronizatorului ; 4 – butuc; 5 – pachet de inele.

Acesta reduce lungimea totală cu aproximativ 20 mm într-o configurație tipică de transmisie cu trei arbori, cu două unități de sincronizare dispuse axial la rând.

O condiție esențială pentru reducerea lungimii totale este realizarea angrenajelor cu un modul mic.

O altă soluție de reducere considerabilă a spațiului de montare implică schimbarea treptei de viteză utilizând un actuator rotativ, în care întreaga mișcare axială a manșonului sincronizatorului are loc în interiorul roții dințate, ceea ce înseamnă că nu mai este nevoie de spațiu de montare extern (fig. 1.27).

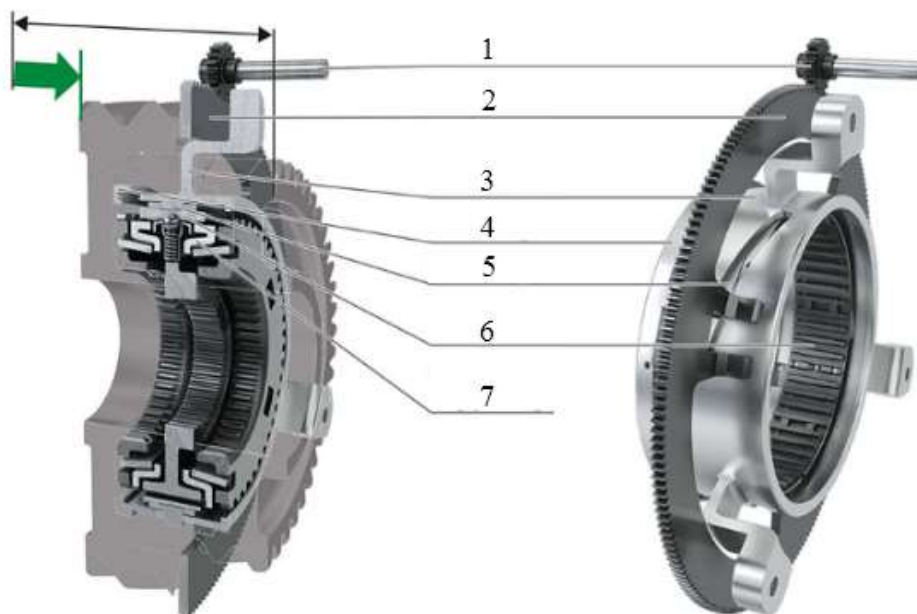


Fig. 1.27. Sincronizator cu acționare rotativă [75].

- 1 – actuator; 2 – roată conducătoare; 3 – manșon cu șurub; 4 – capac manșon;
5 – inel cu șurub; 6 – manșon glisant; 7 – pachet de inele.

Pentru transmisiile cu roți dințate mari, cu ar fi amplasarea roții primei trepte lângă roata treptei a treia, este posibil ca acest sincronizator să fie poziționat sub angrenaj. Această soluție micșorează semnificativ lățimea roții dințate, astfel încât spațiul de instalare pentru fiecare unitate de sincronizare să fie redus cu 5-10 mm.

În prezent, aceste unități de sincronizare ultra-compacte se află într-un stadiu avansat de dezvoltare. Cu toate acestea, testele inițiale cu prototipuri arată un potențial considerabil pentru această tehnologie, care poate fi utilizată în transmisiile moderne [75].

1.5.3. Soluții de transmisii studiate prin modelare și simulare

În cele ce urmează vor fi evidențiate câteva realizări noi de transmisii pentru autovehicule electrice și hibride la care se va raporta prezenta activitate de cercetare.

Din considerente de cost și de gabarit în cazul autovehiculelor electrice sunt utilizate, în general, pe puntea motoare reductoare cu un singur raport de transmitere. Valoarea raportului de transmitere este dată, fie de turația maximă a mașinii electrice pentru a obține viteze ridicate, fie de deplasarea autovehiculului pe drumuri abrupte.

Un exemplu de transmisie cu două trepte, utilizat de firma BMW pe modelul i8 este prezentat în figura 1.28.



Fig. 1.28. Transmisie cu două trepte utilizată la autovehicule hibride [71].

Pornind de la soluția cu două trepte utilizată la modelul BMW i8, a fost dezvoltată o nouă transmisie cu două trepte de reducere (fig. 1.29).

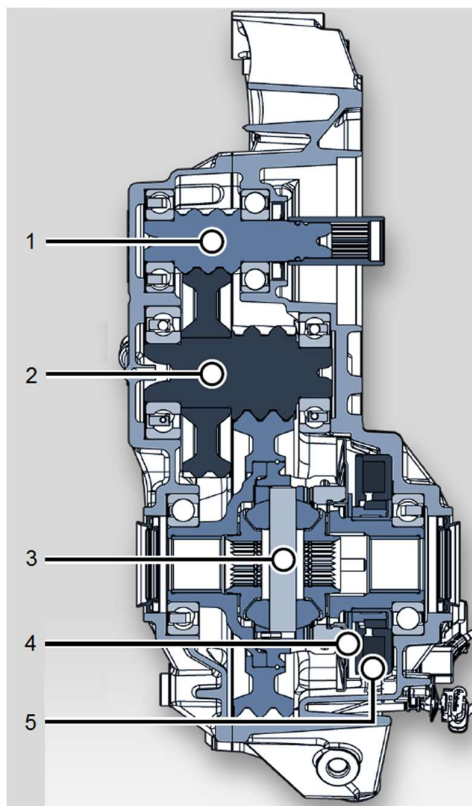


Fig. 1.29. Reductor pentru punte electrică cu decuplarea mașinii electrice [53].

1 – arbore de intrare; 2 – reductor cu două trepte; 3 – diferențial;
4 – cuplaj; 5 – ambreiaj electromecanic.

Această soluție constructivă cu o singură treaptă are avantajul reducerii semnificative a masei și creșterea randamentului. Astfel se obține creșterea autonomiei în modul pur electric, reducerea spațiului de montare și a costurilor autovehiculelor serie.

La sistemele de propulsie hibride paralele cu adăugarea forței de tracțiune se poate utiliza un sistem de decuplare a motorului electric după depășirea unei viteze limită. Limita de viteză pentru deplasarea în modul pur electric este de 125 km/h. Valoarea raportului de transmitere a fost stabilită la 12.5, pentru a permite putere suficientă pentru modul pur electric și valori apropiate ale momentelor la roți, în special pentru tracțiune integrală.

Pentru a evita supraturarea mașinii electrice la depășirea vitezei de 125 km/h a fost introdus un sistem de decuplare a acesteia. În schimb, o problemă legată de decuplarea ambreiajului o reprezintă întreruperea cuplului în timpul accelerării la plină sarcină. Puterea autovehiculului se va reduce cu aproximativ 11 kW după decuplare, având ca efect producerea unor șocuri ce creează disconfort, dacă nu se aplică o compensare. Pentru a îmbunătăți confortul în conducere, se pot implementa următoarele soluții:

- o rezervă de putere a motorului termic;
- supraalimentarea motorului termic pentru a compensa pierderea de putere;
- întreruperea lină a cuplului pentru puntea antrenată electric;
- utilizarea unui generator de pornire de înaltă tensiune pentru motorul termic (High-Voltage Starter Generator HVSGR).

În figura 1.30 este evidențiată variația momentului la roată pentru două situații: cu și fără strategia de compensare.

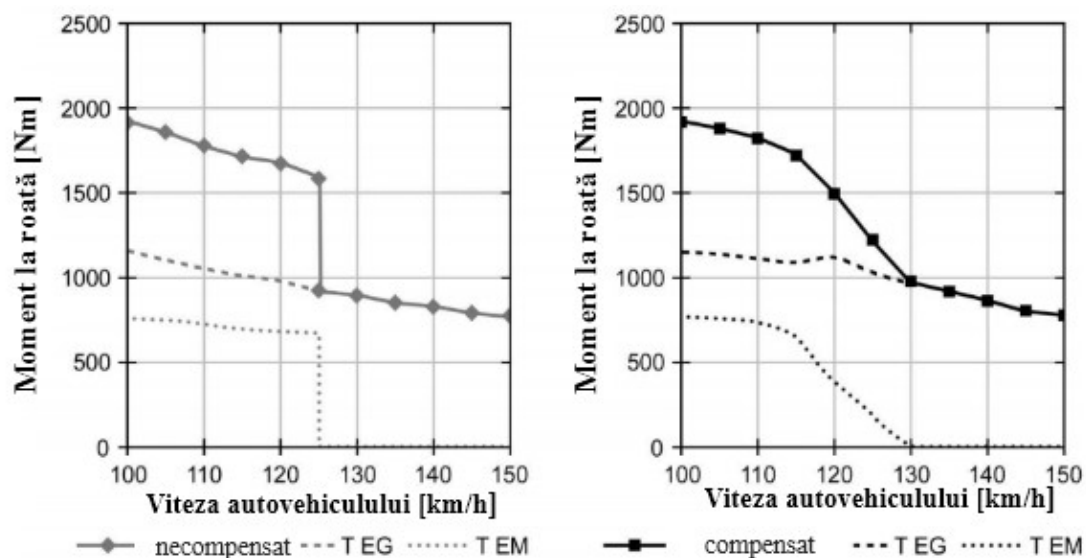


Fig. 1.30. Strategia de compensare a scăderii cuplului [53].

TEG – moment generat de motorul termic; TEM – moment generat de mașina electrică.

O altă soluție propusă în [24] pentru echiparea autovehiculelor electrice constă în utilizarea a două mașini electrice (fig. 1.31), fiecare dintre acestea fiind conectate cu arborele de ieșire printr-o pereche de angrenaje cu raport de transmitere fix.

Comparativ cu implementarea unei transmisii tradiționale cu mai multe trepte de viteză pentru un autovehicul electric, avantajele soluției cu două mașini electrice nu impun o strategie

foarte calitativă de control a schimbării treptelor, pentru care motoarele sunt în mod activ implicate în repartizarea cuplului, realizându-se o schimbare lină.

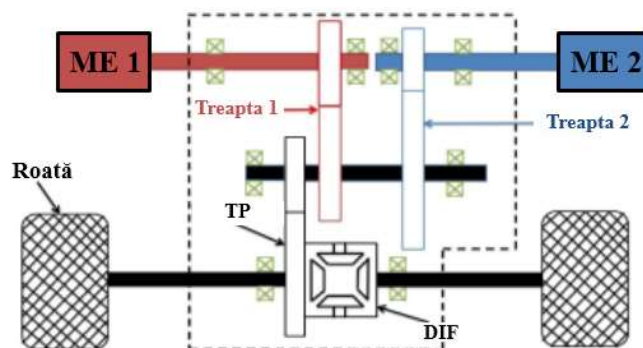


Fig. 1.31. Schema unui sistem de propulsie electric cu două mașini electrice [25].

ME – mașină electrică; TP – transmisie principală; DIF – diferențial.

Un alt avantaj al acestei soluții îl reprezintă creșterea flexibilității modurilor de însumare a cuplului de la surse de putere multiple. Cu toate acestea, ambreiajele și/sau sincronizatoarele rămân elemente esențiale în propunerile menționate, care se diferențiază față de transmisiile convenționale utilizate la autovehiculele electrice prin reducerea costului de fabricație și creșterea randamentului mecanic. În plus, nici mașinile electrice nici rapoartele de transmitere nu sunt proiectate pentru a obține performanțele dinamice și economice mai bune.