

Факултет инжењерских наука

Универзитета у Крагујевцу



Назив студијског програма: Машинско инжењерство

Ниво студија: Мастер академске студије

Модул: Моторна возила и мотори

Предмет: Пројектовање моторних возила

Број индекса: 381/2012

Никола Н. Милојевић

Возило категорије М1 са хибридним погоном електро/мотор СУС

мастер рад

Комисија за преглед и одбрану:

1. **Др Јованка Лукић, проф. – ментор**

2. _____

3. _____

Датум одбране: _____

Оцена: _____

У оквиру овог мастер рада кандидат треба да

- анализира развој путничких возила са хибридним погоном са посебним акцентом на системе преноса снаге
- анализира тржиште наведене класе и намене
- да предлог концепције возила усвајајући конкретне агрегате
- усвоји димензије возила, позиције појединих агрегата, смештај возача и путника,
- извршити проверу вучно-брзинских карактеристика
- пројектовати радно место возача
- у програмском пакету по избору нацртати силуету возила и контуре радног места возача

Препоручена литература:

[1] Демић М.: Пројектовање путничких аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, 2004.

[2] Fuhs A.: Hybrid vehicles and future of personal transportation, CRC Press, 2009.

[3] Stan C.: Alternative Antriebe für Automobile, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012.

Крагујевац, 27.02.2014

ментор:

Др Јованка Лукић, проф.

Резиме:

Произвођачи аутомобила имају сложен задатак да конструишу и произведу возило, које ће обезбедити, поуздано, удобно и по економичности и цени исплативо превозно средство. Кроз рад су анализирана возила (категорије М1) на хибридни погон према структури погонске групе, аутономности електричног погона и класи. Описан је развој хибридних возила, њихова намена, примена и могућност пласмана на тржиште. Анализиран је утицај хибридних возила на економичност и смањење емисије издувних гасова, као и перформансе, безбедност и одржавање ових возила. Према постојећим моделима возила и ергономским препорукама израчунате су минималне димензије каросерије возила и путничког простора. Сагледавањем свих релевантних параметара усвојена је класа, концепција и извршен избор погонских агрегата за нови модел возила на хибридни погон (категорије М1). Приказан је технички цртеж идејног пројекта путничког хибридног возила. На основу карактеристика изабраних агрегата извршена је рачунска провера перформанси и стабилности возила. У програмском пакету CATIA пројектовано је радно место возача (ергосфера) и уз помоћ модела човека извршена анализа ергономије.

Кључне речи: хибрид, возило, пројектовање.

Summary:

Car manufacturers have a complex task to design and produce a vehicle that will provide, reliable, convenient and by cost-effectiveness and price, profitable vehicle. Through the work of the analyzed vehicles (category M1) of hybrid drive according to driveline structure, autonomy of electric drive and class. We describe the development of hybrid vehicles, their purpose, use and the marketability. Influence of hybrid vehicles on lower cost and reduce emissions, as performance, safety and maintenance of these vehicles is analyzed. According to the existing vehicle models and ergonomic recommendations are calculated minimal dimensions of the vehicle body and passenger space. Taking into account all relevant parameters adopted class, the concept and the selection of new hybrid driven for new model of hybrid vehicles (category M1) A technical drawing of the conceptual design of hybrid passenger vehicles is shown. Based on the characteristics of selected aggregates was performed computational verification of performance and stability of vehicles. In software package CATIA is projected position of driver (ergosfera), and using the model of man is carried out analysis of ergonomics.

Keywords: hybrid, vehicle, designing.

Садржај:

1. Увод	5
2. Хибридни погонски систем возила категорије М1	6
2.1. Серијски хибриди	9
2.2. Паралелни хибриди	13
2.3. Серијско – паралелни хибриди	20
2.4. Подела хибридних возила у односу на аутономност електричног похона	29
2.5. Концепције хибридних возила категорије М1	36
3. Економичност, перформансе и екологија возила на хибридни погон	39
3.1. Економичност возила на хибридни погон (категорије М1)	39
3.2. Прерформансе возила на хибридни погон (категорије М1)	42
3.3. Возила на хибридни погон (категорије М1) и екологија	43
4. Техничка регулатива, безбедност и одржавање возила на хибридни погон	46
4.1. Техничка регулатива која се односи на возила са хибридним погоном	46
4.2. Безбедност и одржавање возила на хибридни погон	49
5. Избор тржишта за ново возило на хибридни погон	50
6. Усвајање верзије возила, која уз мање измене треба да прати основни модел, димензионисање возила и путничког простора	52
6.1. Димензионисање возила	53
6.2. Димензионисање путничког простора	54
7. Избор концепције возила и конкретних агрегата (мотор, мењач, спојница, систем за управљање, систем еластичног ослањања, точкови)	62
7.1. Избор концепције возила (категорије М1) на хибридни погон	62
7.2. Избор погонског агрегата (мотора СУС)	63
7.3. Избор мењчког преносника	66
7.4. Избор спојнице	69
7.5. Избор електромотора	70
7.6. Избор система еластичног ослањања и система кочења	71
7.7. Избор система управљања	77
7.8. Избор батерије	79
7.9. Избор точкова	80
8. Технички цртеж идејног пројекта возила на хибридни погон (категорије М1) са основним димензилама	81
9. Рачунска провера перформанси и стабилности возила	83
10. Силуета радног места возача у програмском пакету CATIA	98
11. Закључак	102
Литература	103

1. Увод

У задњих 50 година број возила је скоро 5 пута брже растао од броја људи. Слично је и са интензитетом коришћења возила мереним дневном килетражом по становнику који се повећао 10 пута [22]. На основу Kyoto протокола, удружење европских произвођача аутомобила ACEA (Automobile Manufacturers' Association) поставило је за циљ постизање смањања емисије CO₂ и осталих штетних гасова (CO, HC, NO_x и PM) путничких аутомобила. Увођењем ЕУРО стандарда (од ЕУРО 1 – јул 1992. до ЕУРО 6 – септембар 2014.), настоји се очувању животне средине. [23]

Несумњиво је да се извори ресурса фосилних горива све више смањују, па стога увођење алтернативних погона у друмска возила (и другим превозним средствима) је неизбежно. Технологије (погони) које се користе већ више од стотину година губе значај у праћењу нових и надолazeћих трендова у технолошком процесу. Замена постојећих технологија са новим и надолazeћим алтернативним технологијама односи се и на возила са хибридном погоном. ХЕВ (Хибридна Електрична Возила) спадају у возила са ниском емисијом штетних гасова LEV (Low Emission Vehicles). Они се заснивају на два извора енергије – агрегату за претварање енергије (мотор СУС, електромотор или горива ћелија) и агрегату за акумулирање произведене енергије (акумулатори – батерије и ултракапацитатори). [2]

Ferdinand Porsche је још давне 1900 године направио први бензинско – електрични мотор на свету. Поставио је брзински рекорд користећи 2 електрична мотора у точковима који су добијали енергију из мотора са унутрашњим сагоревањем. Иако ова комбинација хибрида постоји још из 19 века, највећи допринос овој технологији је дао Дејвид Артхур (David Arthurs) електроинжењер из Springdale (Arkansas, SAD) који је 1978 – 79 године изумео кочиони систем који је допуњавао струјом батерије које користе електромотори. Његов преправљено возило „Opel GT“ је имало потрошњу мању од 6 l на пређених 100 km. [2]

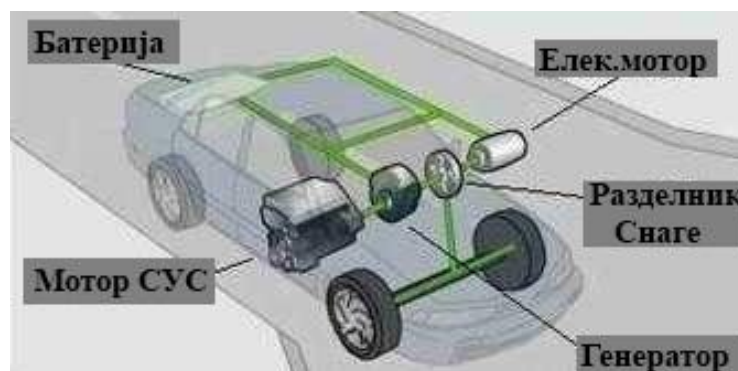
С обзиром да је већина возила на алтернативне погоне још у фази развоја и тестирања, ретко која могу задовољити неке основне захтеве које човек од превозних средстава очекује. Ти захтеви се свode на потребу да возило може прећи барем 250 km без потребе за пуњењем. Други важан захтев је да такво возило буде у стању постићи брзину 160 – 200 km/h, зависно од величине возила. То је још један од разлога, зашто су интересантна возила на хибридни погон. [5]

Када се каже хибридна возила најчешће се мисли на комбинација бензинског (ОТО) мотора са унутрашњим сагоревањем и електричних батерија које дају енергију електромоторима, док је комбинација дизел мотора и електромотора мање заступљена. Користе се и изрази потпуни хибрид или полу – хибрид, иако раде и заснивају се на истом систему мале разлике постоје и односе на могућност да потпуни хибриди раде у електричном моду, без икакве "помоћи" мотора СУС, док полу – хибриди немају ову опцију. Данас се све више појављују Plug – in – Electric – Vehicle (PEV) возила која могу да се допуњују на обичним струјним прикључцима. Мотори СУС служе само као друга опција за случај када не постоји могућност допуне батерија преко струјног кабла. [5]

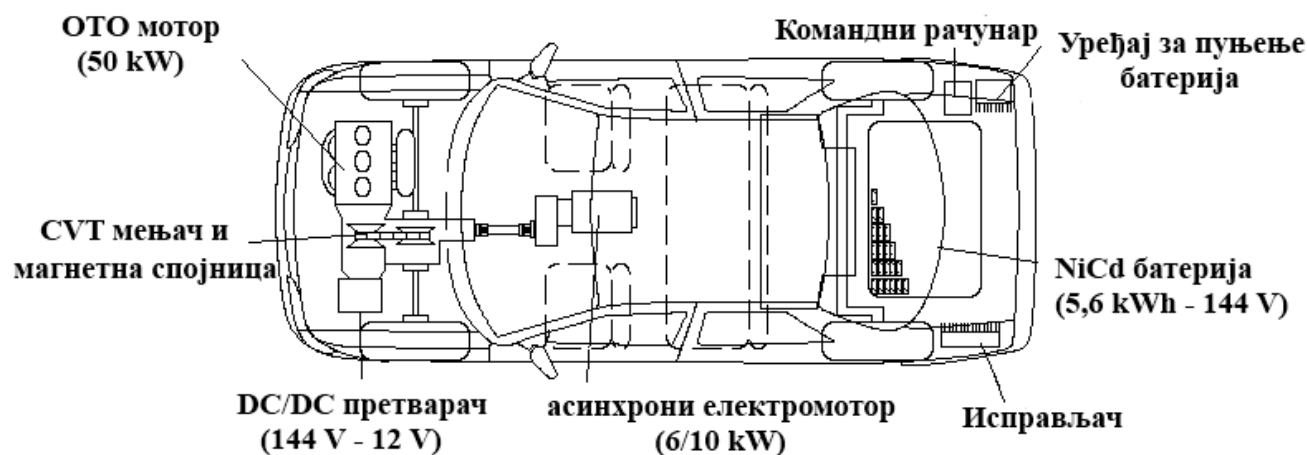
2. Хибридни погонски систем возила категорије М1

Најједноставнија дефиниција хибридног возила је да су то возила која користе два или више извора снаге. Оно што разликује хибридно возило од аутомобила који поседује само мотор са унутрашњим сагоревањем (СУС) је његов погон, где је и даље у основи мотор СУС подпомогнут електромотором. Када је активан мотор СУС, генератор кога он покреће ствара електричну струју и пуни батерију из које се касније напаја електромотор. А целом склопу битан је још један елемент, а то је разделник који има улогу преносника обртног момента са мотора СУС или електромотора. У зависности од услова вожње ауто покрећу или електро или мотор СУС или оба мотора. Прелаз са једног на други извор снаге потпуно је аутоматизована операција коју контролише компјутер уграђен у ауто, односно комплетан систем прати и контролише микропроцесор. Приликом вожње у градским условима хибридни ауто креће се искључиво помоћу електромотора, при чему не емитује штетне гасове и омогућава путницима потпуно тиху вожњу. У условима вожње на отвореном путу мотор СУС покреће возило, али такође покреће и генератор који по потреби допуњује батерију. Наравно, оваква возила су нешто скупља од класичних, али њихова потрошња горива је и до два пута мања а возне карактеристике једнаке. Хибридна возила су на тржишту већ више година уназад, а веома широку употребу имају у Јапану. Према садашњем стању развоја, хибридна возила се сматрају перспективним, али и прелазним решењем док се не створе повољни техно – економски услови за потпуно електромоторни погона возила или погона горивим ћелијама. [5]

Већина данашњих хибридних возила су хибридно – електро возила (hybrid electric vehicle-HEV) која поседују мотор са унутрашњим сагоревањем и електромотор (генерално напајан од електро – батерије). Они су међусобно усклађени врло сложеним системом електронске контроле рада. Управо је у том систему разлика између прве и садашње генерације хибридних возила. Основана замисао оваквих погона је да се кинетичка енергија возила приликом кочења не отпушта у околину, него се акумулира и опет користи за убрзавање. Како би се акумулирала, кинетичка енергија се најпре претвара у електричну. За то се користи један или више генератора за чије је покретање потребан рад те тако они успоравају возило. Тако уместо кочницама, возило кочи генераторима. Како генератори не могу произвести велику силу у случају наглог кочења, возило је ипак опремљено и класичним кочницама. Електрична енергија коју произведу генератори одводи се у батерију и овде се складишти као хемијска енергија. Када се жели постићи убрзање, мотору СУС се придружују генератори, који се сада понашају као мотори. Они користе акумулирану енергију и тако смањују потрошњу горива. Да би овакав систем функционисао, потребан је сложен склоп који повезује бензински мотор, мењач, точкове и електричне моторе, тј. генераторе. На слици 2.1 приказана је шема пуничког хибридног возила (катеорије М1) са основним компонентама система преноса снаге, док је на слици 2.2. приказан концепт хибридног погона возила „Honda Insigh“. [4] [5]

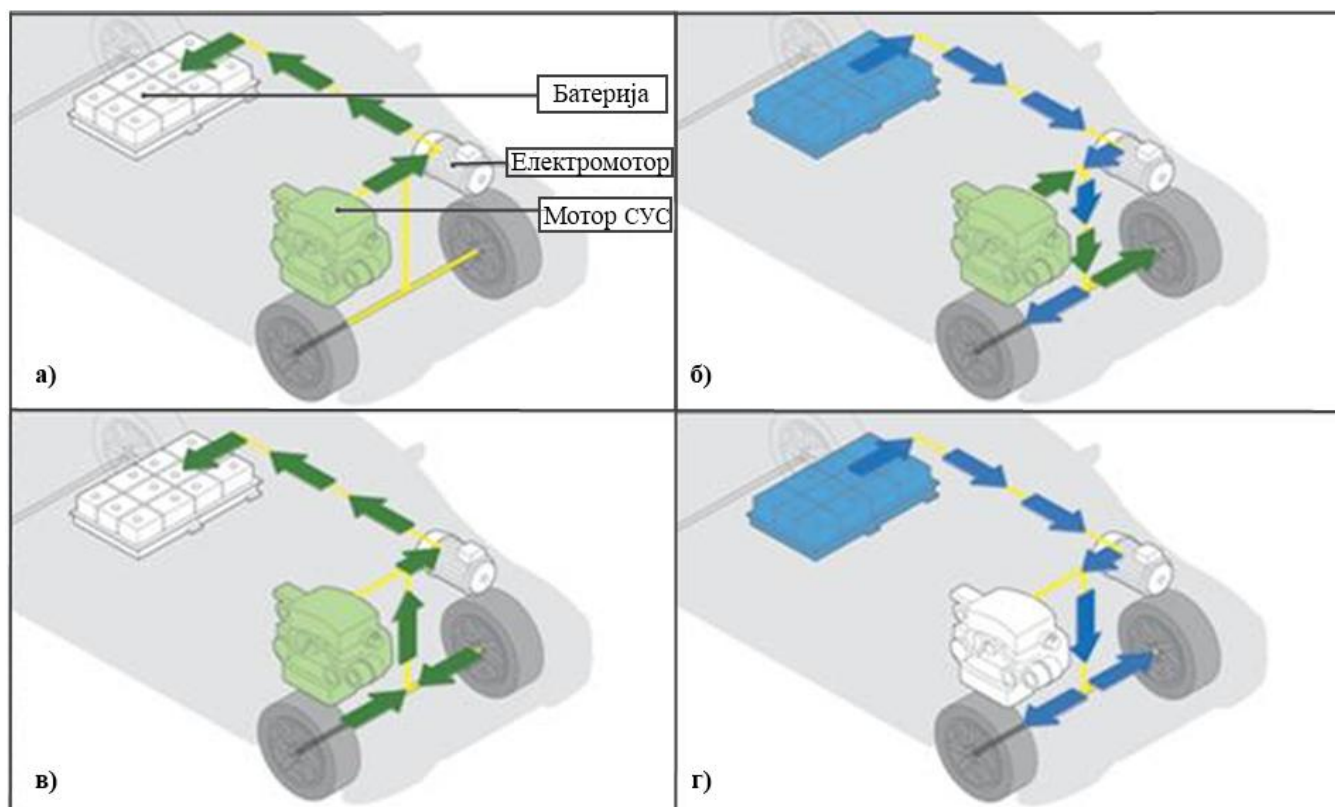


Слика 2.1 – Шематски приказ путничког хибридног возила са основним компонентама [9]



Слика 2.2 – Концепт хибридног погона возила „Honda Insigh“ [5]

Најважнија својства генератора и помоћних мотора за ХЕВ су њихова велика ефикасност и мала тежина. Самим тим што су то углавном машине за велике брзине. Осим ових својстава генератори и помоћни мотори не би требало да захтевају посебно одржавање. Серијски ХЕВ су осмишљени тако да при кретању возила константном номиналном брзином по путу чији је нагиб око 3%, целокупну снагу обезбеђује топлотна машина преко генератора и вучног мотора. Вишак снаге мотора треба да обезбеди лагано допуњавање батерија. Генератор ће, дакле, имати снагу која је нешто већа од снаге потребне за савладавање сталних отпора вуче. На слици 2.3 приказана су четири могућа начина циркулисања енергије (снаге) кроз хибридни систем возила. [8]



Слика 2.3 – Начини кретања енергије код возила на хибридни погон: а) Мотор СУС је стартован и возило се не креће, електромотор/генератор ствара ел. струју и пуни батерију; б) Мотор СУС прима помоћ електромотора за веће убрзање возила, чиме повећава ефикасност; в) Регенерише се кинетичка енергија кочења преко електромотора/генератора у ел. струју која пуни батерију; г) При малим брзинама (градска возња) сву потребу енергију обезбеђује батерија, која се преко електромотора преноси на погонску осовину. [10]

Хибридни систем представља погон који обједињује два или више различита мотора који раде у комбинацији. Хибридни системи се могу поделити на: *слабе* (нису у стању да се крећу без рада мотора СУС) и *јаке* (могућност кретања без мотора СУС). [5]

Обе врсте хибридних возила су подржани са опцијом старт/стоп. На овај начин смањује се потрошња горива, јер мотор не ради на празним ходу. За обе врсте хибридних уређаја потребна је акумулатор – батерија за акумулацију електричне струје.

Маса ХЕВ је изузетно велика што за последицу има како повећање отпора вуче, тако и погоршање динамичких возних карактеристика возила и високу цену. Да би се смањила маса ових возила првенствено је потребно повећати специфичну снагу и енергију вучних акумулатора, али се не сме занемарити ни маса вучних мотора. Маса електричних машина је посебно значајна код серијских ХЕВ, где се користе електромотор и генератор, као и мотор СУС.

Предности хибридних погона: [12] [16]

- смањење неискоришћене енергије током празног хода – мировања возила или мале излазне снаге мотора СУС,
- искоришћење регенерисане кинетичке енергије кочења,
- смањењем величине и снаге мотора СУС, а тиме и неефикасности, користећи додатну снагу од електромотора за компензацију губитака, при максималној снази коју производи мали мотор СУС.
- добра радна карактеристика (електромотор обезбеђује константо висок обртни момент и на ниском броју обртаја),
- избор оптималног режима рада,
- мања потрошња горива (и до 50 %),
- мала емисија штетних гасова.

Недостаци хибридних погона: [12] [16]

- немогућност одржавања брзине, код већине модела,
- радни век батерије,
- висока цена,
- велика маса возила.

Циљеви које треба постићи при пројектовању ХЕВ су: [12]

- ниска цена возила,
- одговарајуће перформансе (убрзање, максимална брзина, домет итд),
- економичност у експлоатацији (висока ефикасност),
- робусности, поузданост и безбедност (јефтино одржавање).

Према структури погонске групе, везе механичких и електричних делова, хибридни погон може бити подељени у три групе:

- Серијски,
- Паралелни, и
- Серијско – паралелни хибриди.

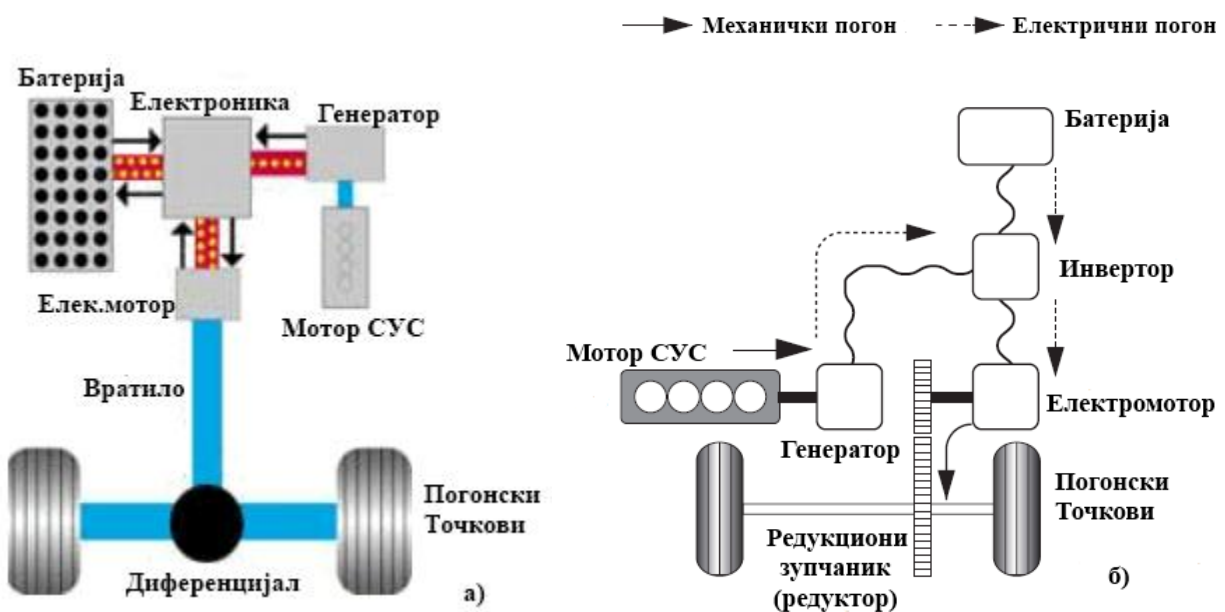
2.1. Серијски хибриди

Код серијских хибрида мотор СУС не предаје снагу директно погонском склопу него покреће генератор. Генерисана електрична струја се користи за допуну батерије и за покретање електромотора. Када се захтеве велика снага електромотор црпи струју и из генератора и из батерије. Код овог система није потребна компликована трансмисија из разлога што је електромотор ефикасан у широком распону броја обртаја. Постоје конструкције код којих сваки точак возила има засебан електромотор. [5]

Мотор СУС је мањих димензија и ради при релативно констатном броју обртаја у подручју великог степена корисности. Оптимирањем рада мотора СУС обезбеђује се ниска издувна емисија из возила. За обезбеђењем додатне снаге током убрзања возила захтева се велика батерија која обрнуто има негативан утицај на перформансе возила. У градским условима вожње „крени – стани“ (stop – and go) серијски хибриди су релативно ефикаснији. У условима вожње на аутопуту електрична трансмисија је мање ефикасна него механичка. [5]

Правац даљих истраживања се променио након открића да динамичке перформансе нису одговарајуће када се батерија празни. Да би се превазишао тај технички недостатак конструсан је систем код кога генератор константно пуни батерију док се возило креће да би се спречио велики пад снаге батерије. Међутим са овим системом није решен проблем лоших динамичких перформанси за време кретања возила на узбрдици, када се захтева велика снага. Из тих разлога је развијен нови тзв. други серијски ситем који се заснива на два захтева: обезбедити ниску потрошњу горива оптимирањем рада мотора СУС и минимизирање дела електричног кретања возила. На основу тог новог концепта знатно је смањена батерија возила, а хибридни систем се заснива на мотору СУС. Главна карактеристика овог система је да комбинација генератора и електромотора континуирано контролишу број обртаја мотора и точкова у широком распону броја обртаја. [8]

Шема погона серијског хибрида са основним елементима и смером преношења механичког и електричног погона на погонске точкове приказана је на слици 2.4 (а), где се пренос снаге на погонске точкове врши преко вратила и диференцијала и 2.4 (б), где се пренос снаге на погонске точкове врши преко редукционог зупчаника – редуктора.

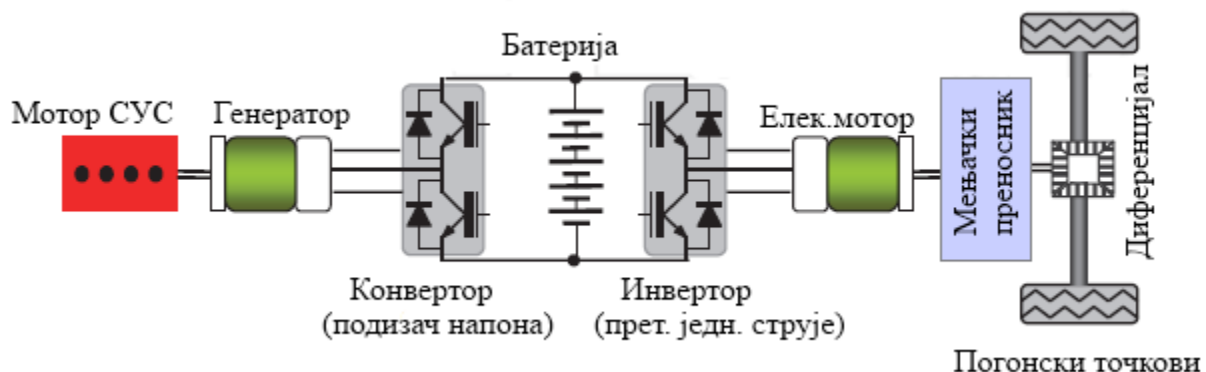


Слика 2.4 – Серијски хибридни погон [12] [13]

Карактеристике серијског хибридног погона: [12] [16]

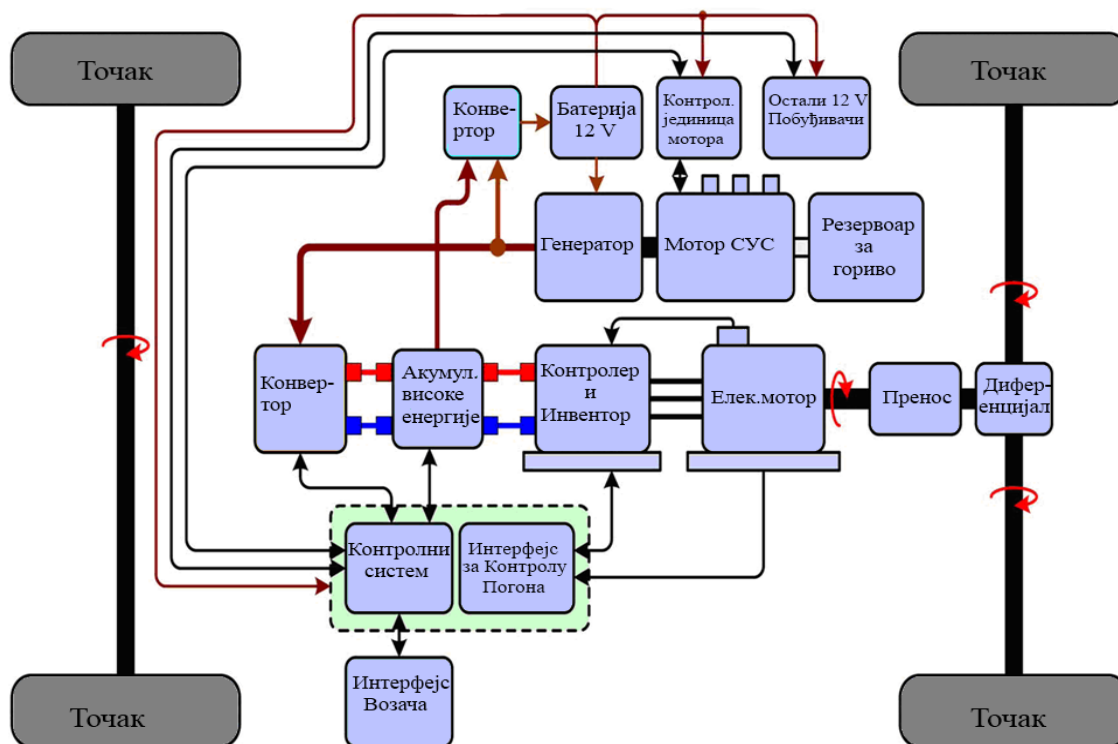
- користи веће батерије,
- користи “on – board” пуњење,
- користи и нека “off – board” пуњења,
- оптимизује рад одвајањем рада оба мотора према брзини возила,
- електромотор нема празан ход, што умањује емисију,
- електромотор и генератор су исте структуре и реверзибилни, могу радити као генератори и мотори.
- не захтева конвенционалну трансмисију
- може користити мотор СУС мање снаге.

Зависно од карактеристика електромотора и његових способности да ради у ширем дијапазону промене броја обртаја при константној снази, у структури погона се може наћи и мењач брзина са два или више степени преноса. Такав погонски систем се највише примењивао као погон бродова, но сада се примењује и на возилима. Шема серијског система са мењачким преносником приказана је на слици 2.5. Његова предност је што је мотор СУС одвојен од точкова возила, тако да је већа слобода у распореду компонената, највише електромотора, којих може бити више – смештених у точкове возила или по погонским осовинама.



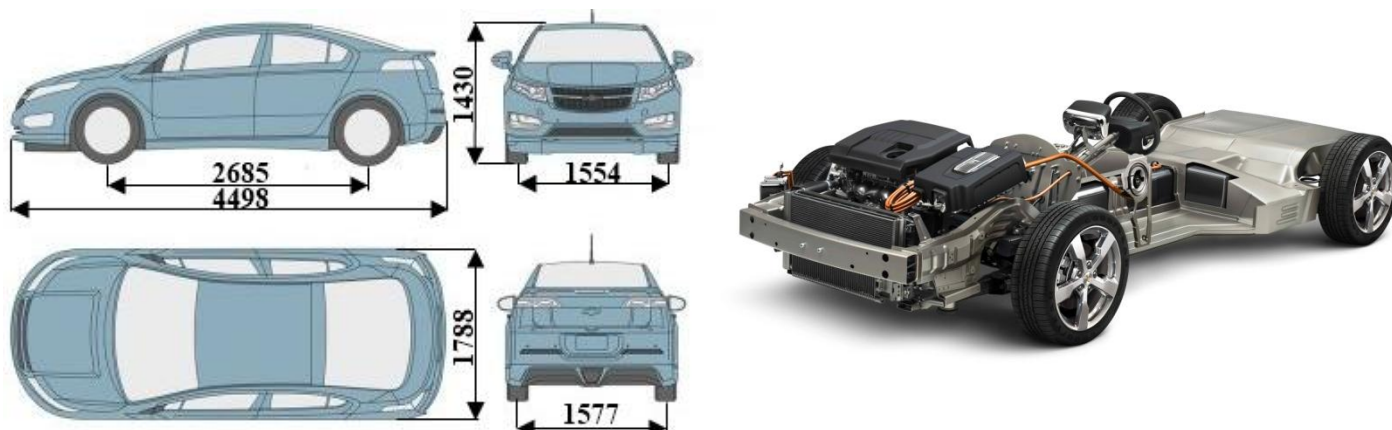
Слика 2.5 – Шема серијског хибридног погона са мењачким преносником [14]

Хибридни систем подразумева осим батерије за возила и електромотора/генератора, још и електронску контролну јединицу и друге компоненте енергетске електронике: конвертор за конвертовање излаза алтернатора у DC (direct current – једносмерна струја), инвертор за конвертовање DC (direct current – једносмерне струје) у AC (alternation current – наизменичну струју), DC – DC конвертор за пуњење акумулатора од 12 V, контролер, контролни систем, а између осталог још и интерфејс за контролу погона, као и интерфејс возача. Структура и енергетска електроника серијског хибрида приказан је на слици 2.6.

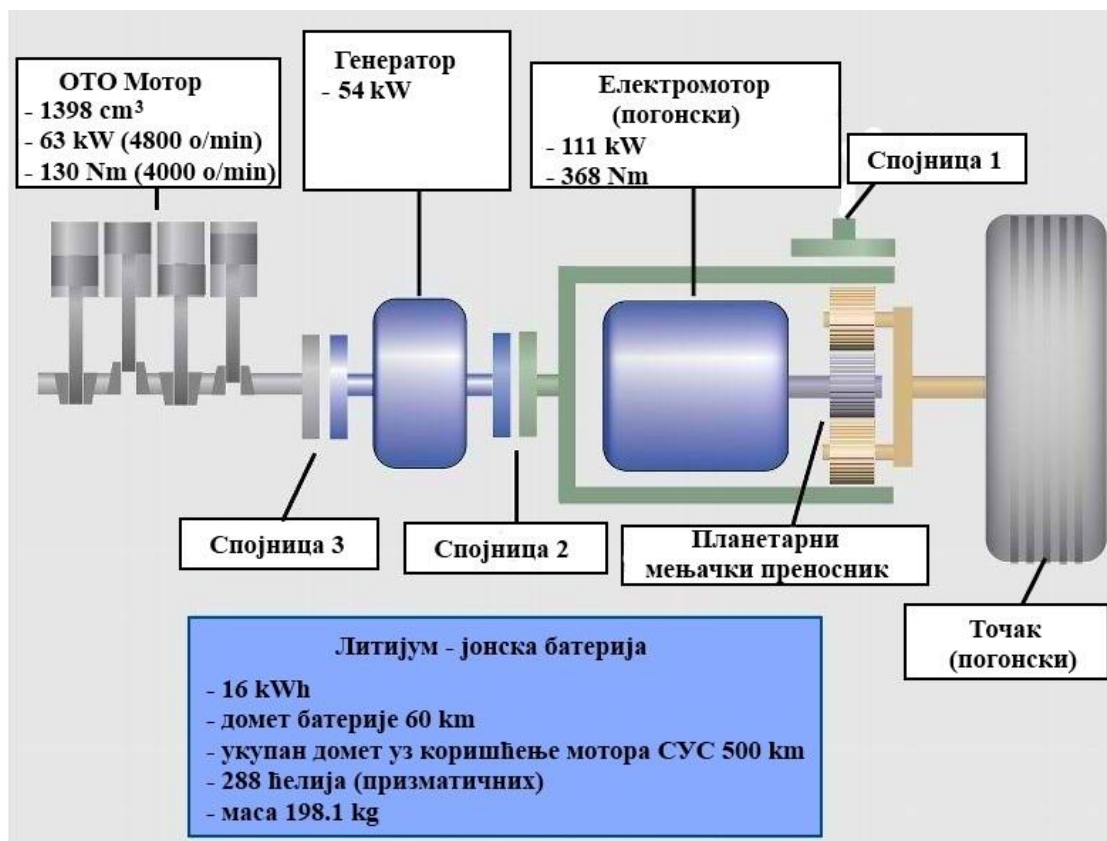


Слика 2.6 – Структура серијског хибрида [21]

Примери ове врсте хибридног погона појавили су се 1997 године у Јапану, Toyota је продала свој први серијско хибридни аутобус. Што се тиче путничких возила General Motors је 2010 је представио Chevrolet Volt серијски утикачки хибрид (Plug-in Hybrid) чији је домет кретања у електро моду 64 km. На слици 2.7 приказано је возило Chevrolet Volt са основним димензијама у милиметрима – mm (десно) и шасија – трансмисија овог возила (десно), док је на слици 2.8 приказан шема серијског хибридног погона овог возила.



Слика 2.7 – Лево – Chevrolet Volt са основним димензијама; Десно – шасија (трансмисија) возила Chevrolet Volt [24] [25]



Слика 2.8 – Шема серијског хибридног погон возила Chevrolet Volt [26]

Недостаци серијских хибридних возила: [12] [16]

- Мотор СУС, генератора и електромотор су димензионисани и конструисани за управљање возилом при пуној снази. Дакле, укупна тежина, цена и величина погона се повећава и може бити претерана.
- Снага из мотора СУС мора да се води кроз генератора и електромотор. Током дуже вожње и вожње по аутопуту укупна ефикасност је инфериоран у односу на конвенционални пренос, због неколико конверзија енергије.

Предности серијских хибридних возила: [12] [16]

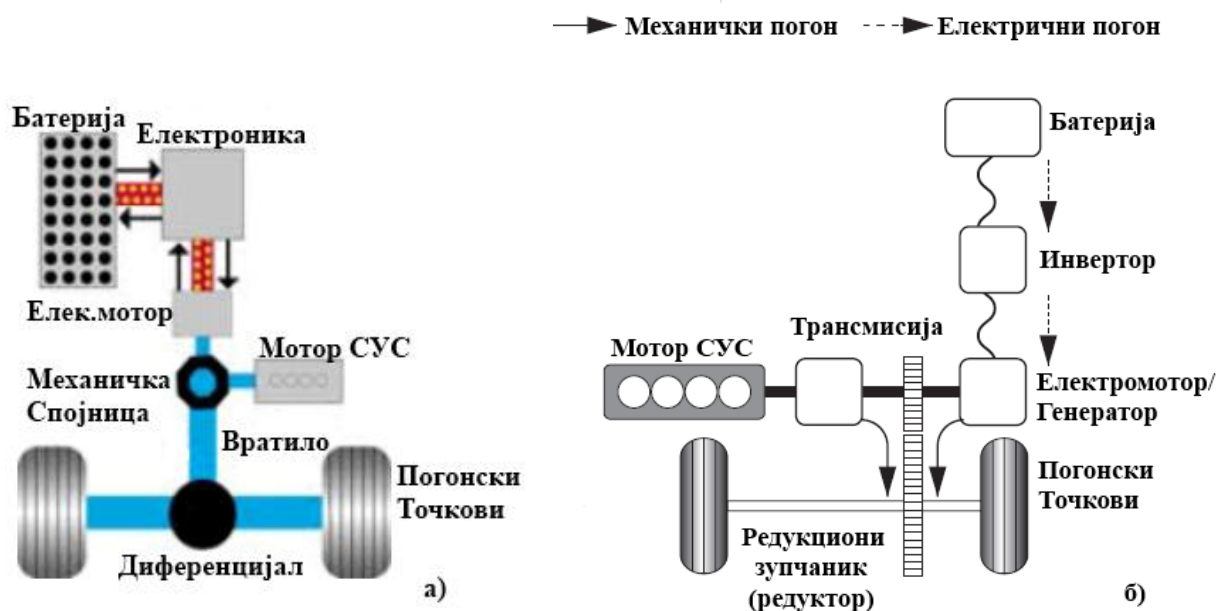
- Не постоји механичка веза између мотора СУС и точкова, тако да погонска група (мотор СУС и електромотор/генератор) могу бити смештене у било ком делу возила.
- Код конструкције, где не постоје конвенционални механички трансмисиони елементи (мењач, преносна вратила – карданско вратило), одвајање обртног момента електромотора од погонских точкова се може лако имплементирати.
- Мотор СУС може да ради у уском опсегу броја обртаја (његов најефикаснији опсег), чак и при промени убрзања.
- Серијски хибриди су релативно ефикаснији током градске вожње, „крени – стани“ (stop – and go).

2.2. Паралелни хибриди

Код овог система мотор СУС и електромотор су спојени са механичком трансмисијом. Већином су електромотор и генератор спојени у један уређај често смештен између мотора СУС и трансмисије замењујући и стартер и алтернатор возила. Помоћни уређаји се покрећу електромотором уместо мотором СУС и имају константу брзину обртања што обезбеђује већи степен корисности. Називају се паралелним управо зато што се снага допрема на погонске тачкове возила паралелно. Код овог система батерија возила се пуни укључењем електромотора као генератора, а струја из батерије се користи за кретање возила. Батерије се пуне када захтев возила за снагом није велики, те електромотор у улози генератора производи електричну енергију. Тај систем има једноставнију структуру, но уколико систем поседује само један електромотор онда док се пуни батерија он се не може користити за кретање возила. Ако се електромотор код тог система одвоји од мотора СУС квачилом – спојницом, тада и тај систем може функционисати као чисто електрични погон у границама расположиве енергије у батеријама и снаге електромотора. [5]

Истовремено док је коефицијент корисног дејства погонског склопа висок, рад мотора СУС се не може контролисати независно од услова вожње. То проузрокује високу емисију за време загревања мотора. Паралелни хибриди се даље могу поделити зависно од процентуалног удела појединих извора снаге у укупно потребној снази возила. У појединим случајевима је доминантни извор снаге мотор СУС, а електромотор се укључује само кад је потребна додатна снага, тј. асистира, стога мотор СУС обавља много већи рад него електромотор. У другом случају електромотор покрива онај део снаге који је потребан, док мотор СУС додаје колико је год потребно у датом тренутку са датим оптерећењем. Занимљивост код паралелних хибридних возила је да она обично имају могућност искључивања мотора СУС приликом вожње у граду, те тако постају чисто електрична возила. [5] [8]

Начин преношења погона (обртног момента на погонске тачкове) код паралелног хибрида приказана је на слици 2.9 (а), где се пренос снаге врши преко вратила и диференцијала (електромотор/генератор и мотор СУС спојени механичком спојницом) и 2.9 (б), где се пренос снаге врши преко редукционог зупчаника – редуктора, као и основни елементи и смер преношења механичког и електричног погона на погонске тачкове.

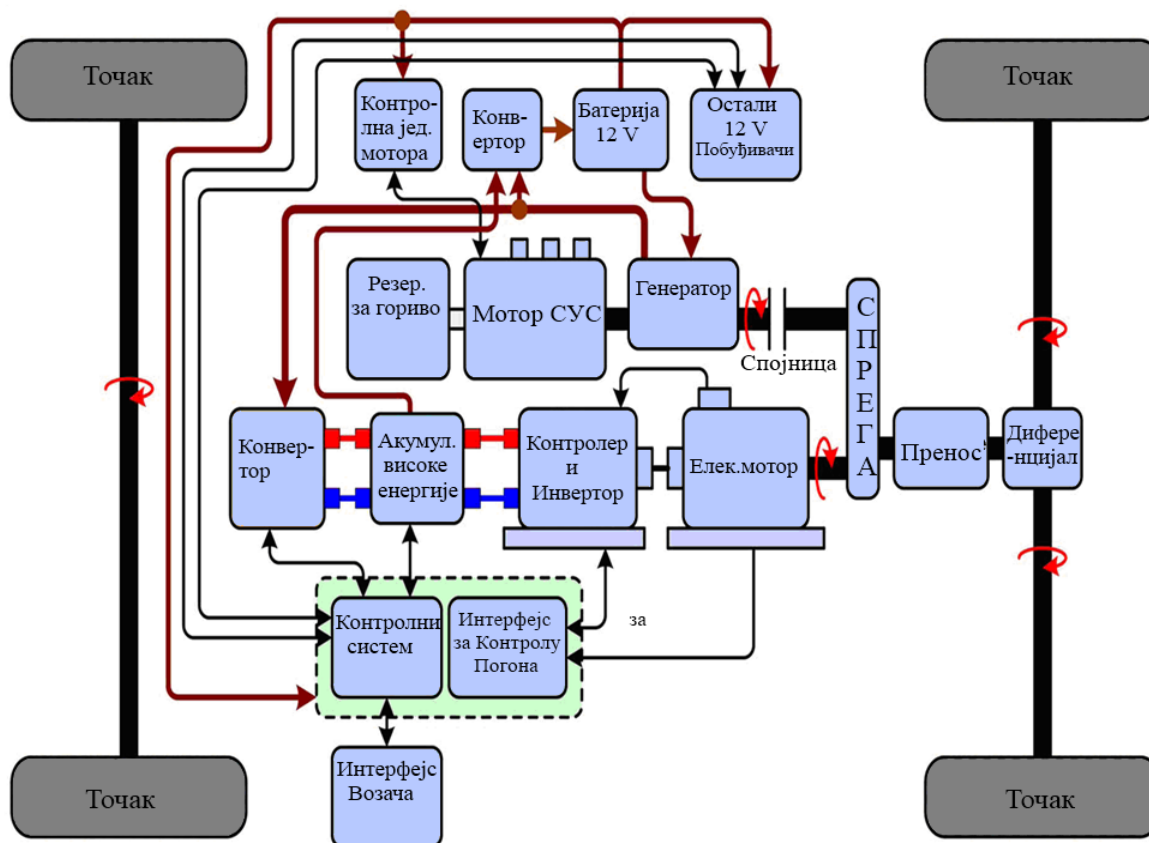


Слика 2.9 – Паралелни хибридни погон [12] [13]

Карактеристике паралелног хибридног погона: [12] [16]

- електромотор и мотор СУС су директно спојени на точкове (спрегнути),
- користи мање батерије,
- користи „off-board“ пуњење,
- брже убрзава,
- електромотор има празан ход, што повећава емисију,
- паковање компоненти у возилу је мање флексибилно,
- не захтева конвенционалну трансмисију,
- захтевају комплексан контролни систем,
- омогућавају ниже трошкове,
- имају мању потрошњу горива на аутопуту.

Структура паралелног хибридног система је као и код серијског доста комплексна и сложена, састављена од великог броја електронских и механичких компоненти. Код паралелног хибридног система постоји спрега између мотора СУС и електромотора, па је тиме омогућено да се обртни момент истовремено преноси на погонске точкове возила. Већином се комбинују велики електрогенератор и електромотор у једну целину, често се налазе између мотора СУС и трансмисије (преносиока снаге), као замена конвенционалног стартера мотора и алтернатора. Понекад се користи допунски генератор, тада батерије могу да се пуне када возило није у покрету, мотор СУС је искључен из система преноса снаге, али овај систем повећава масу возила. Структура и енергентска електроника паралелног хибрида приказан је на слици 2.10.



Слика 2.10 – Структура паралелног хибрида [21]

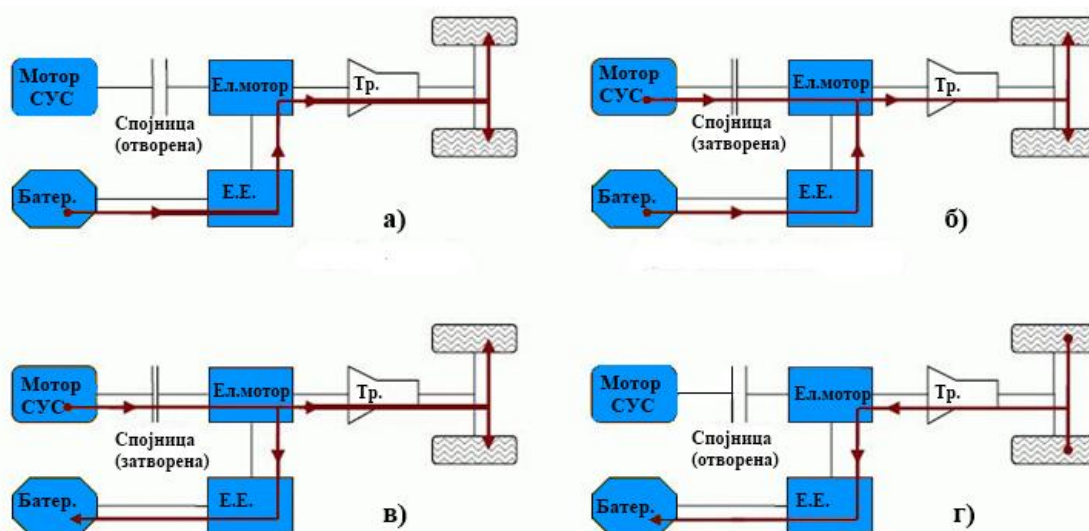
Паралелни хибрид подрподржава различите режиме рада, што је приказано на слици 2.11, и то: [16]

(а) Кретање само помоћу електричне струје: До брзине од обично 40 km/h, електромотор ради само са енергијом батерија, које се не пуне од мотора СУС. То је уобичајени начин функционисања по граду, као и кретања уназад, јер брзина је ограничена.

(б) Кретање помоћу мотора, мотор СУС + електромотор (електрична струја): При брзинама већим од 40 km/h, користи се само механички погон мотора СУС, углавном на дужим релацијама и аутопуту. Ако је потребно више енергије (током убрзања или кретања великом брзином), електромотор почне да ради паралелно са мотором СУС, обезбеђујући тако довољан обртни момент на погонским точковима за савлађивање оптерћења.

(в) Кретање помоћу мотора СУС + пуњење батерије: Ако је потребно мање енергије, вишак енергије се користи за пуњење батерије. Тако се вишак енергије претвара у електричну струју и складишти, чиме је обезбеђена већа ефикасност мотор СУС.

(г) Регенеративно кочење: Док возило кочи или успорава електромотор/генератор претвар кинетичку енергију у ел. струју и складишти је у батерију.



Слика 2.11 – Режими рада паралелног хибрида (Ознаке: Е.Е. – енергетска електроника, Тр. – трансмисија (мењачки преносник, преносник снаге, планетарни мрњачки преносник и др.) [16]

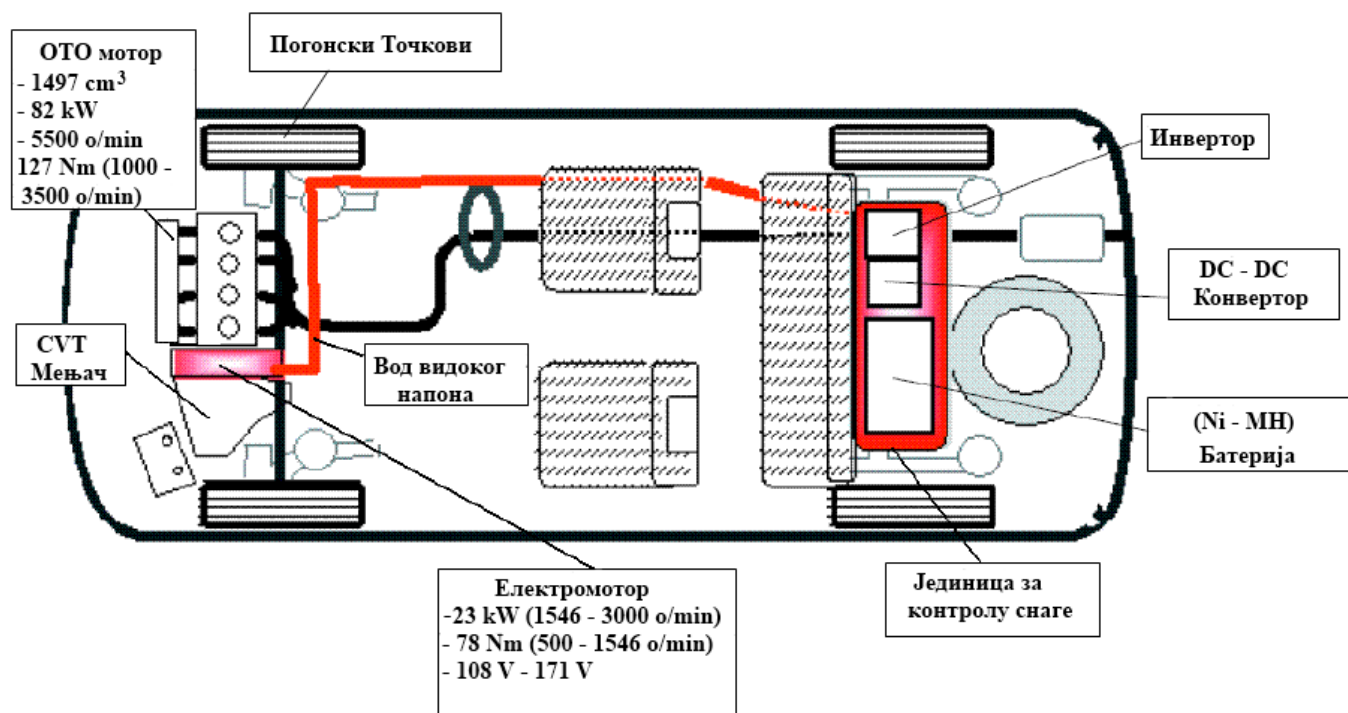
Предности у односу на серијски хибрид: [16]

- механичка енергија – снага коју развио мотор СУС преноси се преко трансмисије – преносника снаге директно на погонске точкове, нема потребе за преношење преко електромотора/генератора,
- ефикаснији је и потрошња горива је мања у односу на серијски хибрид.

Ова врста хибрида карактеристична је за путничка возила јапанског произвођача Honda, која је развила своју технологију познату као IMA (Integrated Motor Assist – интегрисани мотори). Оба мотора истовремено генеришу снагу за погон точкова, додавањем рачунарске контроле и трансмисије – систем преноса снаге, омогућено је да ове компоненте раде заједно, што резултира већом ефикасношћу, јер нема неколико конверзија енергије као код серијског хибрида. Систем интегрисаних мотора примењен је је возилима Honda Insight, Accord и Civic (слика 2.12).

На слици 2.13 приказано је путничко возило високе класе Porsche Cayenne S Hybryd (2011) са основним димензијама у милиметрима – mm (лево) и систем преноса снаге – трансмисија возила Porsche Cayenne S Hybryd – а (десно).

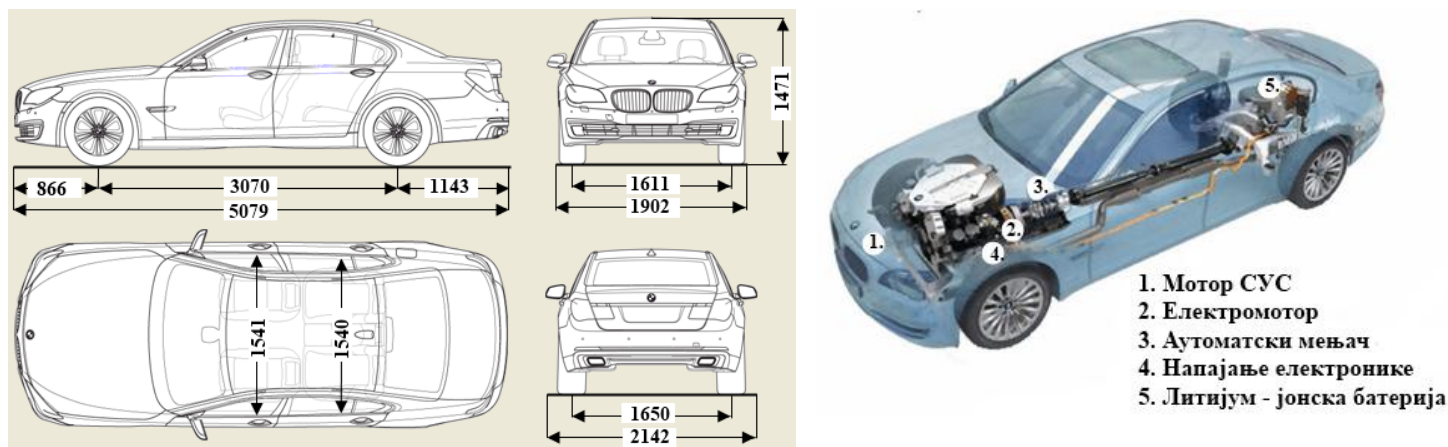
BMW има своју серију хибридних возила BMW Active Hybrid – Активни Хибрид (3,5,7,X6 и др.) и сви модели користе паралелни хибридни погон. На слици 2.14 приказано је возило BMW Active Hybrid 7 са основним димензијама (лево) и распоредом елемената погонског система (десно), док су на слици 2.15 приказани елементи трансмисије овог возила. BMW Active Hybrid 7 је почео да се производи 2009. године и припада вишој класи возила.



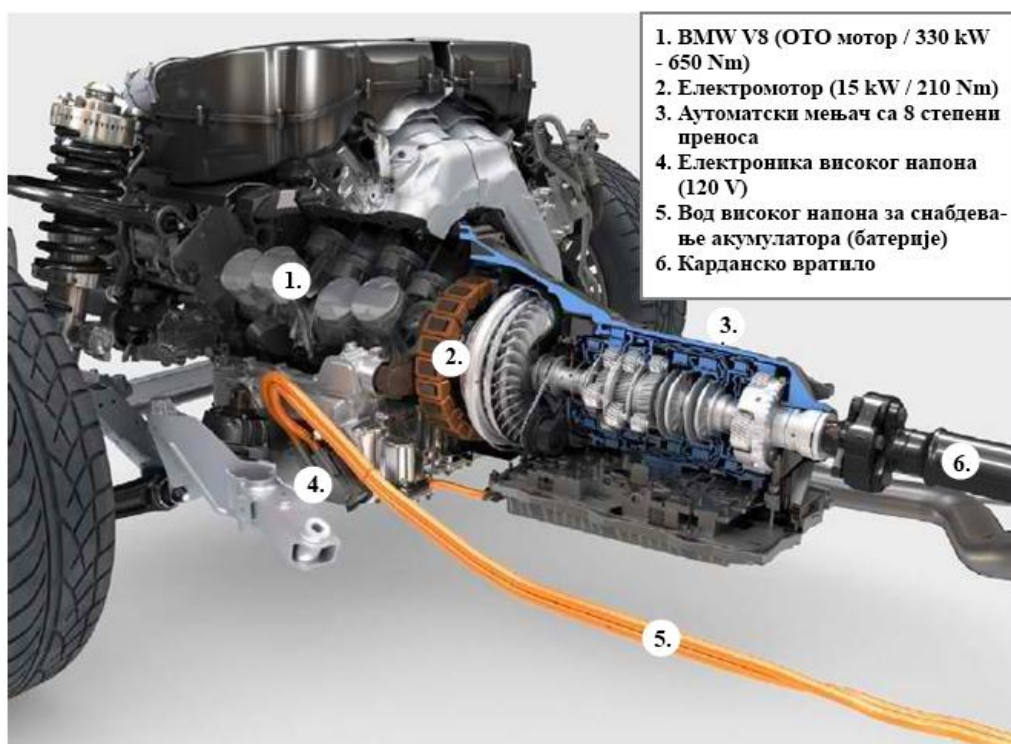
Слика 2.12 – ИМА паралелни хибридни погон возила Honda Civic [15]



Слика 2.13 – Лево – Porsche Cayenne S Hybrid са основним димензијама; Десно – систем преноса снаге – трансмисија возила Porsche Cayenne S Hybrid [27] [28]



Слика 2.14 – Лево – BMW Active Hybrid 7 са основним димензијама; Десно – распоред елемената погонског система код возила BMW Active Hybrid 7 [3] [29]



Слика 2.15 – Елементи трансмисије возила BMW Active Hybrid 7 [3]

Недостаци паралелних хибридних возила: [12] [16]

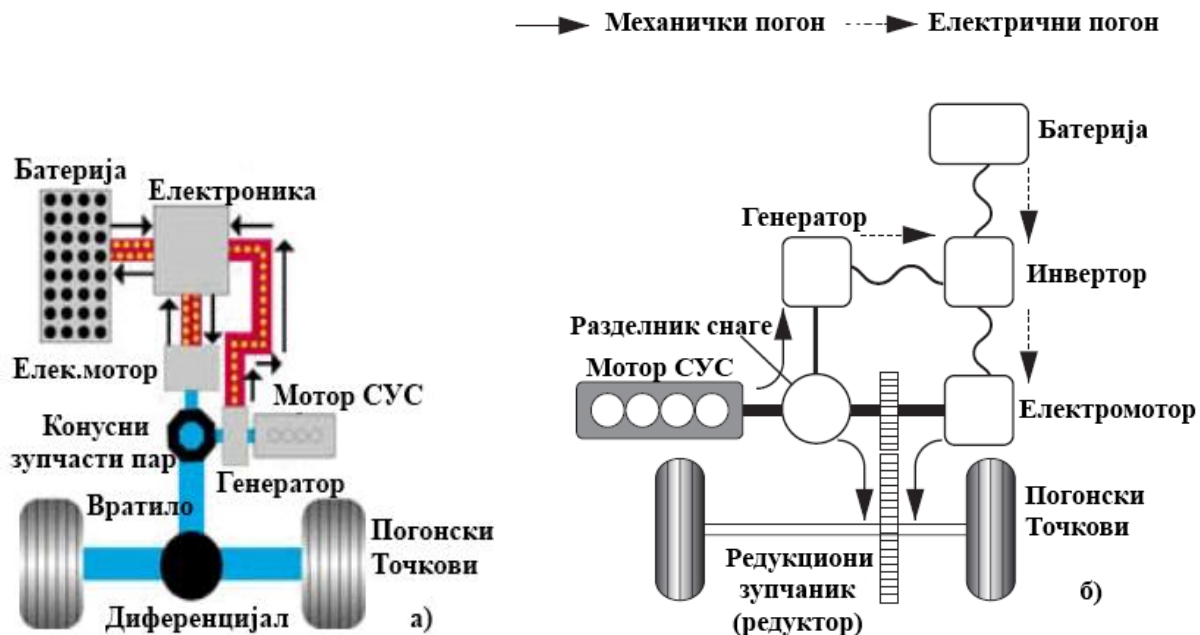
- Прилично компликован систем.
- Мотор СУС не ради у уском или константном опсегу броја обртаја, па ефикасност опада при малој брзини кретања возила.
- Како мотор је СУС у механичкој вези са точковима, батерија се не може пуни када возило мирује.

Предности паралелних хибридних возила: [12] [16]

- Укупна ефикасност је већа током дуже вожње или вожње на аутопуту.
- Велики флексибилност при пребацивању из електро мода у режим рада мотора СУС и обрнуто.
- У односу на серијски хибрид електромотори могу бити мање снаге од мотора СУС, и користе се за побољшање вучних карактеристика возила. Потребан је само један електромотор/генератор.

2.3. Серијско – паралелни хибриди

Овај хибридни погон има карактеристике и серијског и паралелног хибрида. Комбинација серијског и паралелног погона је карактеристична по томе што мотор СУС осим деловања путем преноса снаге, додатно делује и преко генератора на електромотор, а користи се и енергија из батерија у случају када је потребна већа снага или већи обртни момент. Тај врло вешто комбиновани хибридни погон остварује велике уштеде горива (у градској вожњи више од 50%) [5]. На слици 2.16 је приказана шема серијско – паралелног хибрида 2.16 (а), где се пренос снаге на погонске точкове врши преко вратила и диференцијала и 2.16 (б), где се пренос снаге на погонске точкове врши преко редукционог зупчаника – редуктора. Серијско – паралелни систем погона приказан на слици 2.16 (б) припада другој генерацији овог система за возило Toyota Prius (THSII – Toyota серијско – паралелни Хибридни Систем II). Разлика прве и друге генерације је у коришћењу високо напонског претварача који је смештен између батерије и мотора СУС и генератор.



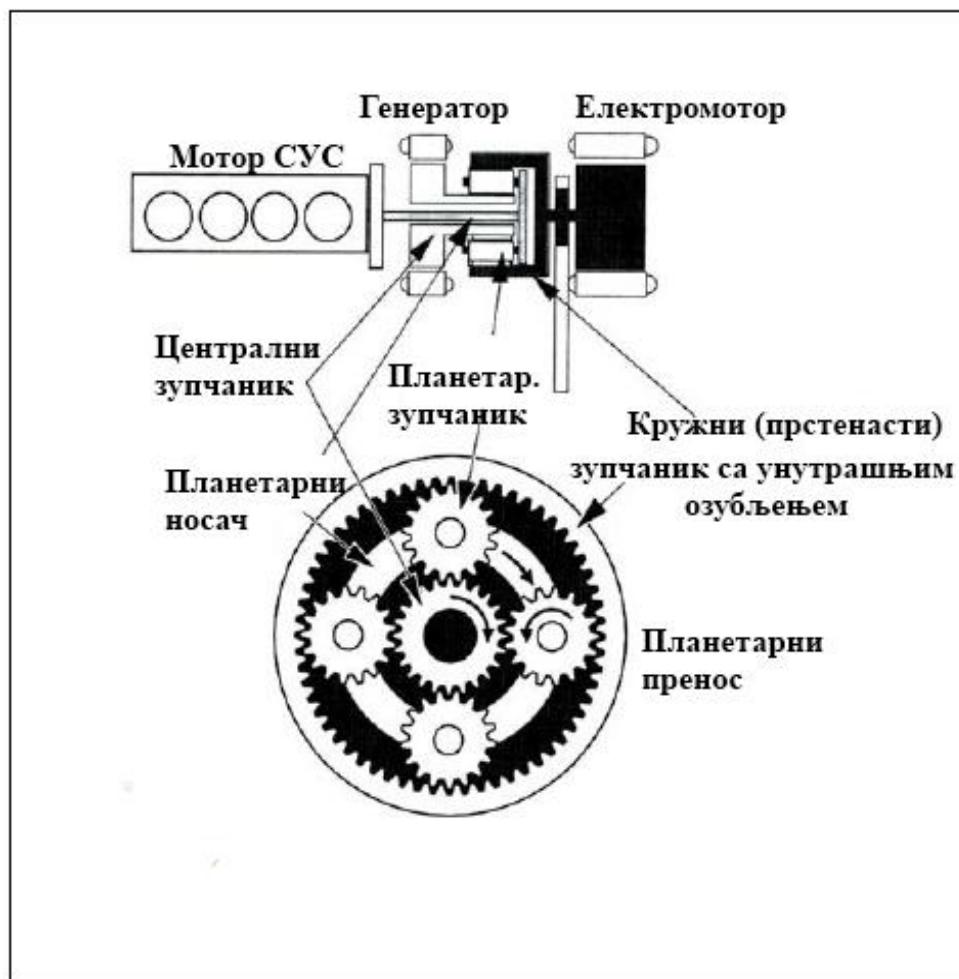
Слика 2.16 – Серијско – паралелни хибридни погон [12] [13]

Карактеристике серијско – паралелног хибридног погона: [12]

- користи средњу величину батерија,
- користи „on и off-board“ пуњење,
- брже убрзава,
- електромотор има празан ход,
- паковање компоненти у возилу је мање флексибилно,
- не захтева конвенционалну трансмисију,
- већа уштеда горива.

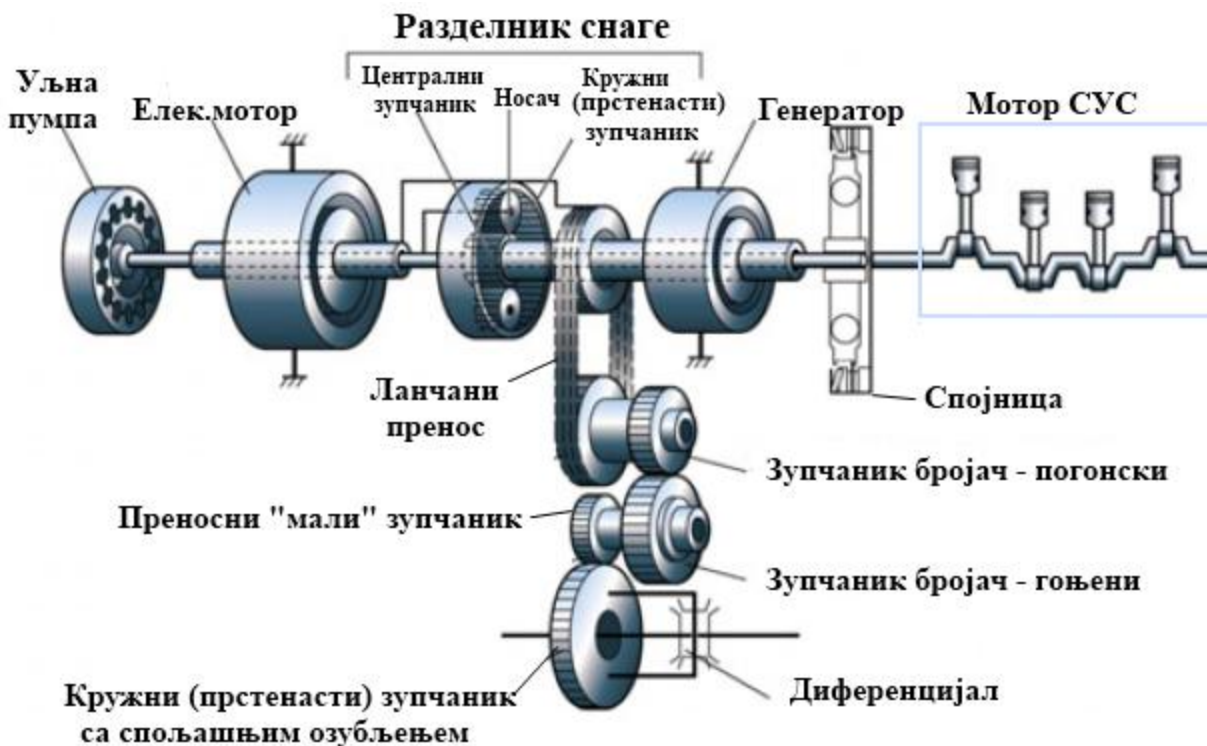
При нижим брзинама, овај систем функционише као серијски хибрид, док при великим брзинама, где је серијски погон мање ефикасан, мотор СУС преузима улогу погонског агрегата. Овај систем је скупљи од паралелног система, јер је потребан додатни генератор, разделник снаге који омогућава да се снага од мотора СУС до погонских точкова преноси механичком и електричном трансмисијом, сложенији електроенергетски систем и више рачунарских контролних јединица за контролу двојног система. Toyota Prius је специфична по томе што је њен бензински мотор посебне конструкције, заснован на Аткинсоновом циклусу сагоревања који омогућава већи степен топлотног искоришћења (овај циклус сагоревања је комбинација ОТО и дизел циклуса сагоревања). Разделник снаге (The Power Split Device – PSD) код возила Toyota приказан је на слици 2.17. Разделник снаге је „срце“ Toyota Prius – а. То је паметни редуктор који спаја заједно мотор, генератор и електромотор. Возило увек ради као паралелни хибрид. Мотор СУС или електромотор могу да раде сваки за себе и преносе снагу на точкове или могу да раде заједно. Разделник снаге омогућава да возило ради и као серијски хибрид. Електромотор може да ради независно од брзине возила пунећи батерију или обезбеђујући потребну снагу на погонским точковима. Он исто делује као континуална трансмисија, (continuously variable transmission – CVT), елиминишући потребу за мануелном или аутоматском трансмисијом – мењачким преносником. С обзиром да PSD омогућава да генератор покрене мотор СУС, аутомобилу није потребан стартер. PSD је планетрани редуктор, односно планетарни мењачки преносник. Електромотор је спојен са кружним (прстенастим) зупчаником. Такође је директно повезан са диференцијалом који покреће точкове. У сваком случају брзина електромотора и број обртаја кружног зупчаника одређују брзину возила. Генератор је спојен са централним (сунце) зупчаником, а мотор СУС са планетарним преносом. Брзина кружног зупчаника зависи од све три компоненте и оне све време морају заједно радити да би контролисали излазну брзину. [5]

Када се возило убрзава почетно, електромотор и акумулатор – батерија обезбеђују сву потребну снагу. Кружни зупчаник PSD – а је спојен са електромотором и он стартује помоћу електромотора. Планетарни пренос који је спојен са мотором је непокретан, јер мотор не ради.



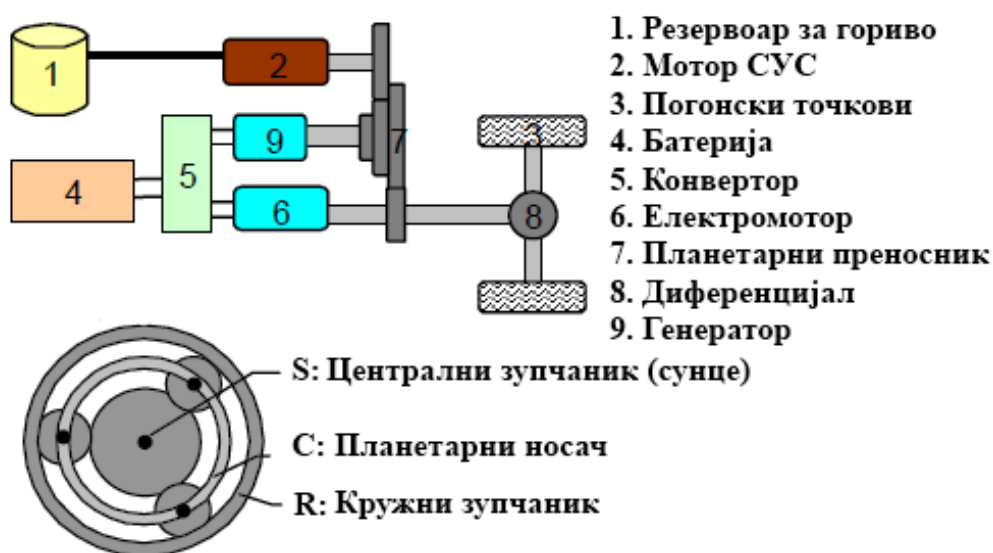
Слика 2.17 – Разделник снаге PSD за THS i THSII [5]

Како се возило убрзава потребно је да се укључи мотор СУС. Генератор, који уједно има и улогу стартера, покреће централни зупчаник и мотор СУС. Када мотор СУС стартује генератор почиње производити електричну струју коју складишти у батерију. Мотор СУС се подеси на константан број обртаја, док генератор мења брзину до изједначења са брзином електромотора. Део излазне снаге мотор СУС предаје електромотору преко генератора као додатну снагу за убрзање. То значи да није потребна конвенционална трансмисија већ систем делује као континуално промењива трансмисија преко интелигентне контроле рада генератора, мотора СУС и електромотора. Уколико је отежано убрзање возила онда електромотор додатну снагу може извући из батерије. За време нормалне вожње углавном се користи мотор СУС и генерисање струје није потребно. На слици 2.18 је приказана шема трансмисије код Toyota Prius (THSII). [5]



Слика 2.18 – Шема трансмисије возила Toyota Prius (THSII) [5]

На лици 2.19 дата је шема погона код возила Toyota Prius (THSII) и шема планетарног мрњачког преносника. У наставку ће бити дате једначине које описују преносни однос у планетарном преноснику.



Слика 2.19 – Шема серијско – паралелног хибридног погона са планетарним преносником који се користи код возила Toyota Prius (THSII) [16]

Основне једначине за планетарни преносник: [16]

$$(1 + \rho) \cdot \omega_C = \omega_S + \rho \cdot \omega_R \quad (1)$$

$$\rho = \frac{Z_R}{Z_S}$$

$$\left(1 + \frac{Z_R}{Z_S}\right) \cdot n_C = n_S + \left(\frac{Z_R}{Z_S}\right) \cdot n_R \text{ или } (1 + \rho) \cdot n_C = n_S + \rho \cdot n_R \quad (2)$$

$$M_C = M_R \cdot \frac{(1+\rho)}{\rho} = M_S \cdot (1 + \rho) \quad (3)$$

$$P_C = P_R + P_S \quad (4)$$

где је:

P – снага,

M – обртни момент,

n_S – број обртаја централног зупчаника = броју обртаја излазног вратила генератора,

n_C – број обртаја планетарног носача = броју обртаја излазног вратила електромотора,

n_R – број обртаја кружног зупчаника = броју обртаја излазног вратила мотора СУС,

Z_R – број зуба кружног зупчаника,

Z_S – број зуба планетарног носача.

Серијско – паралелни хибрид подржава различите режиме рада, што је приказано на слици 2.20, и то: [13]

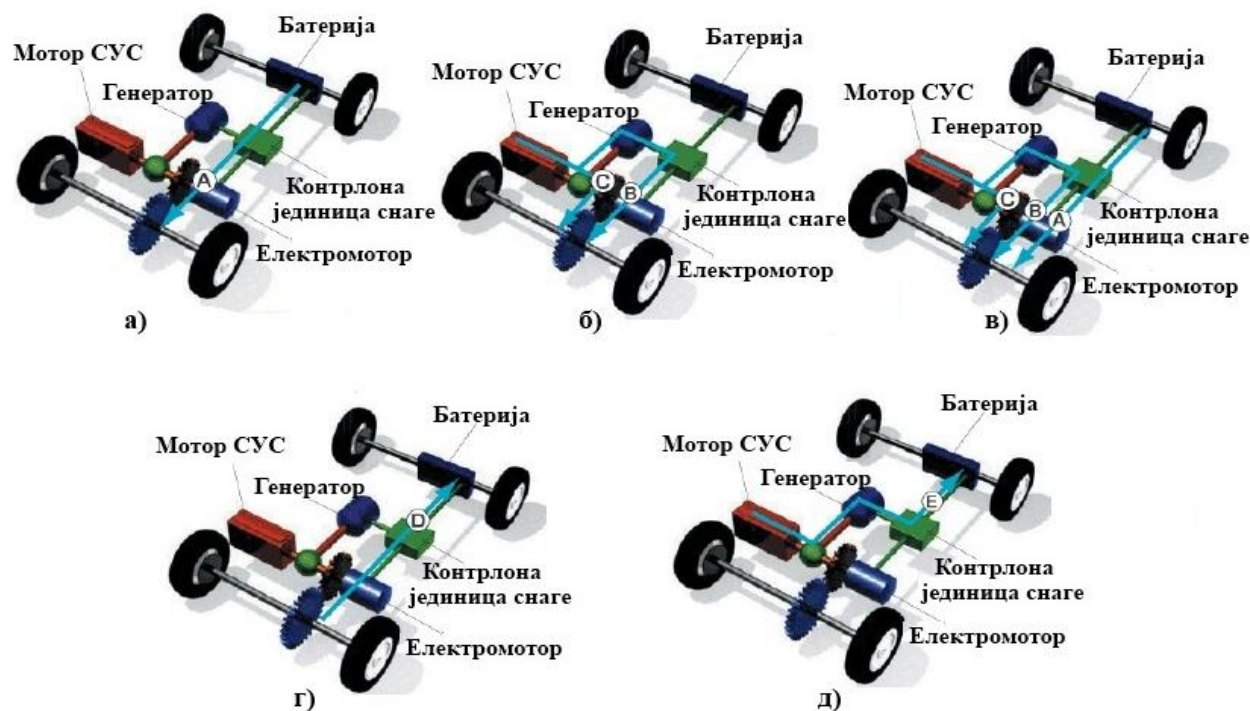
а) Старт и мале брзине кретања возила – Мотор СУС се искључује када је у неефикасном опсегу рада, као што су градске „крени – стани“ вожње и вожње малом брзином. Тада се возило креће искључиво помоћу електромотора снабдевајући се енергијом из батерије (А).

б) Вожња у нормалним условима – Снага мотора СУС је подељена разделником снаге. Један део енергије претвара генератор и покреће електромотор (В), остатак се преноси на погонске тачке директно. На овај начин се повећава ефикасност.

в) Нагло убрзање – Додатна енергија се испоручује из батерије ради обезбеђивања потребне снаге на погонским тачковима (А), тада мотор СУС и електромотор могу да побољшају карактеристике убрзања, односно одговоре на оптерећење (В+С).

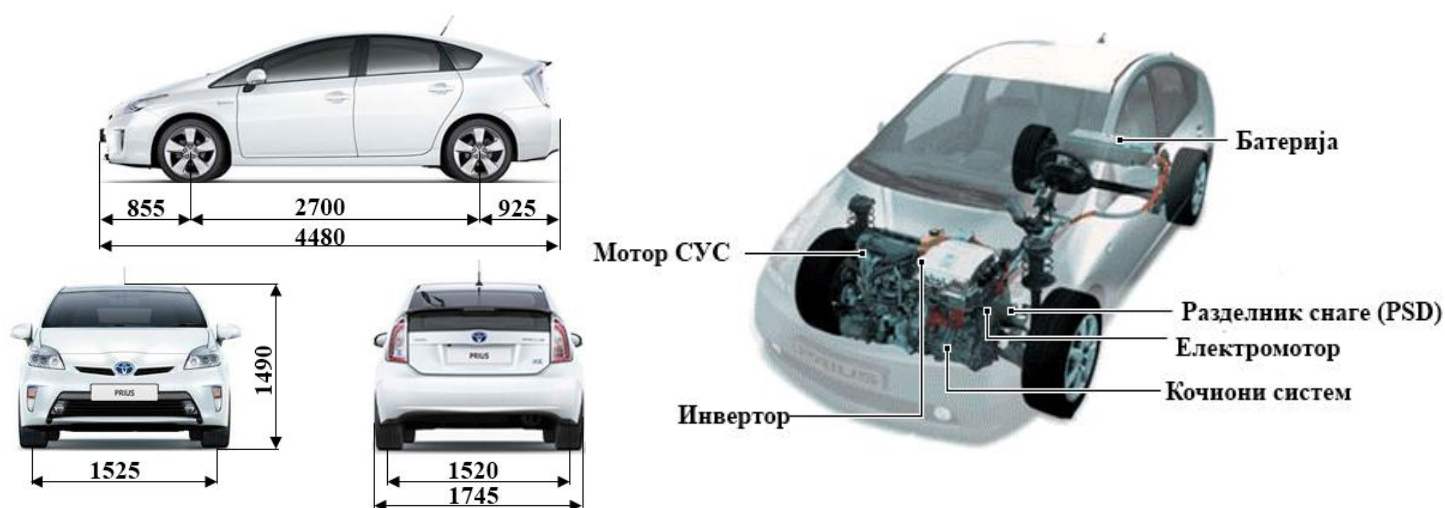
г) Успоравање, кочење – Систем регенеративног кочења претвара кинетичку енергију помоћу генератора у електричну струју и складишти је у батерију (Д).

д) Пуњење батерије – Ниво напуњености батерије мора да се одржи до минималне резерве, тада мотор СУС покреће генератор који пуни батерију, када је то потребно (Е).



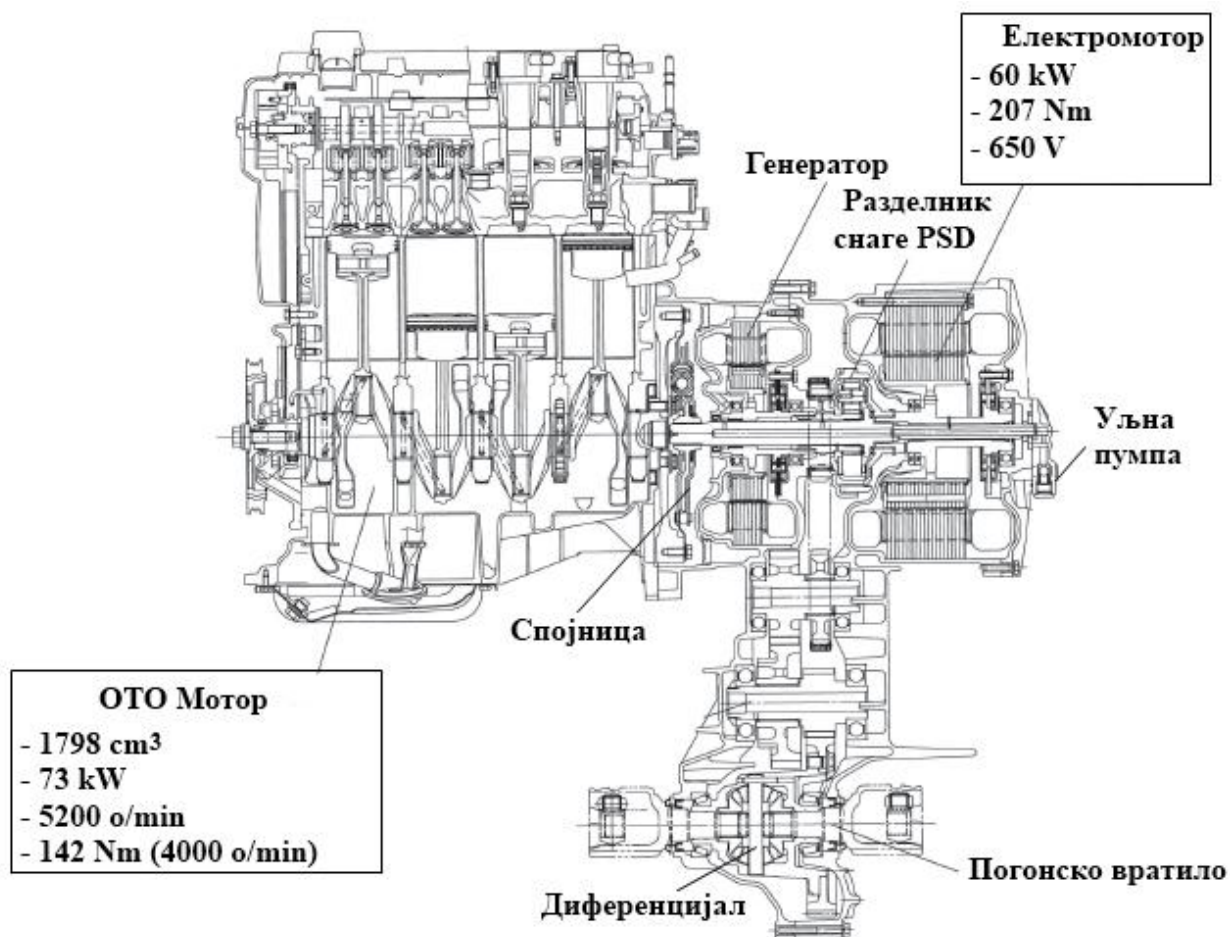
Слика 2.20 – Режими рада серијско – паралелног хибрида (Toyota Prius – THSII) [13]

Поред Toyota Prius комбиновани серијско – паралелни хибридни погон промењен је још и на возилима Toyota Auris, Toyota Camry, Toyota Highlander (спортско – теренско возило) Lexus RX 400h, Lexus GS 450h, Lexus LS 600h / LS 600hL и др. Toyota Prius са основним димензијама у милиметрима – mm приказана је на слици 2.21 (лево), а (десно) елементи серијско – паралелног хибридног погона (THSII) возила Toyota Prius.



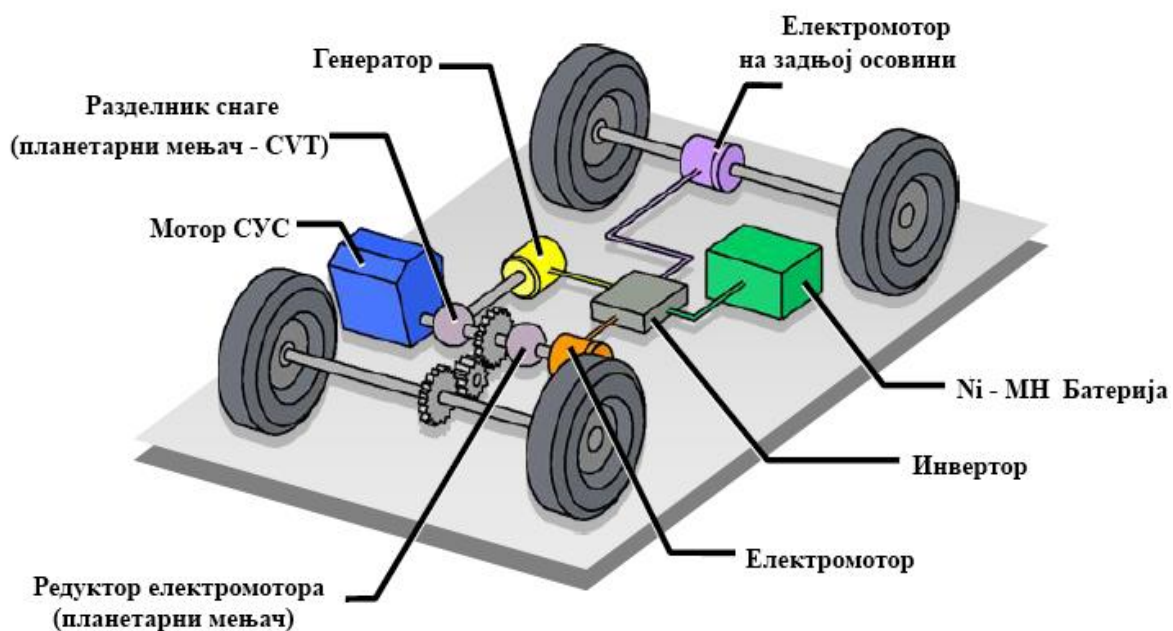
Слика 2.21 – Лево – Toyota Prius са основним димензијама; Десно – елементи серијско – паралелног хибридног погона (THSII) возила Toyota Prius [30] [31]

Од преве примене сериско – паралелног хибридног погона (THSII) Toyota је временом усавршавала свој систем како би емисију штетних гаова свела на најмању могућу меру и побољшала перформансе возила. Тако је возила Toyota Prius друге генерације од 2003. до 2009. године покретао мотор СУС (ОТО мотор) од 57 kW и електромотор од 50 kW. После 2009. године Toyota и Lexus производе хибридна возила треће генерације. Toyota Prius треће генерације покреће се помоћу мотора СУС (ОТО мотор) од 73 kW и електромотор од 60 kW, примењен је и електронски контролисан континуирано варијабилни пренос (ECTV – Electronically controlled continuously variable transmission). Користе Ni-MH (Никл – метал) батерија номиналног напона од 201.6 V (168 x 1.2V ћелије) излазне снаге 27kW (+2 kW у односу на другу генерацију), што чини укупну снагу возила од 100 kW и смањена им је величина. Са увођењем литијум – јонских батерија се касни, литијум – јонске батерије имају већу енергетски капацитет у односу на тежину, али им је цена већа. Раде на вишим температурама, што доприноси подизању безбедности. На слици 2.22 приказан је попречни пресек хибридног систем (THSII) примењен на возилу Toyota Prius (2014) треће генерације.



Слика 2.22 – THSII – Тоуа серијско – паралелни хибридни систем II код возила Toyota Prius (2014) [13]

Код возила као што су Lexus RX 400h Hybrid и Toyota Highlander Hybrid са погоном на сва четири точка (4x4) проходност се повећава додавањем електромотора на задњој осовини односно његовим искључивањем возило се креће погоном на предњим точковима. У овом систему, задња осовина се покреће чисто електричним погоном, а не постоји механички веза између мотора СУС и осовине задњих погонских точкова. Ово такође омогућава регенеративно кочење на задњим точковима. Електромотор на задњој осовини се укључује само у условима захтевније вожње, при пуном убрзању или када предњи точкови проклизавају и изгубе контакт са тлом, док у свакодневној вожњи, возило покрећу бензински и предњи електромотор. Ni – МН батерије пуне се скоро сваки пут кад бензинском (ОТО) мотору остане "вишка снаге", односно приликом кочења. Поред тога, зупчастим преносом, помоћу сета зупчаника преноси се обртни момент електромотора на погонску осовину, који је на тај начин повезан другим планетарним преносником, чиме се повећава доток снаге на предње погонске точкове. Ово омогућава да електромотор ради са мање обртног момента, али већом снагом (и већим бројем обртаја). Шема погона возила Lexus RX 400h приказана је на слици 2.23.



Слика 2.23 – Шема погона код возила Lexus RX 400h Hybrid [17]

Погон возила Lexus RX 400h чине: [17]

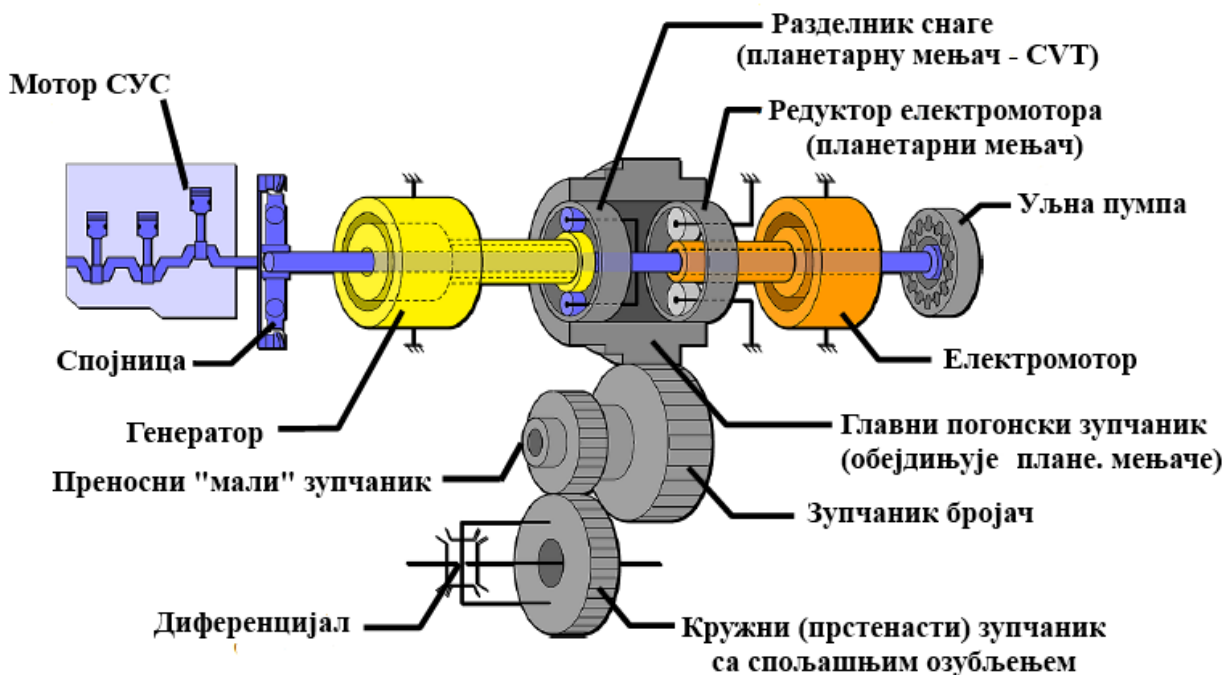
- Мотор СУС: V6 бензински (ОТО) мотор, радна запремина 3311 cm³ снага 155 kW/5600 o/min, обртни момент 288 Nm/4400 o/min.
- Генератор: Напон 650 V, снага 109 kW/13000 o/min, обртни момент 80 Nm/0 ÷ 13000 o/min.
- Електромотор: Напон 650 V, снага 123 kW/4500 o/min, обртни момент 333 Nm/0 ÷ 1500 o/min.

- Електромотор на задњој осовини: Напон 650 V, снага 50 kW/4610 ÷ 5120 o/min, обртни момент 130 Nm/0 ÷ 610 o/min.
- Батерија: Ni – МН номиналног напона 288 V (30 батерија по 9.6 V).

Цео систем, под називом Lexus Hybrid Drive производи 200 kW снаге. Електронски контролисана континуално варијабилна трансмисија (ECVT – Electronically Controlled Continuously Variable Transmission) доноси глатко убрзавање без конвенционалног пребацивања брзина, повећава ефикасност и побољшава перформансе возила.

Разделник снаге (CVT мењач) дели снагу мотора СУС између предњих погонских точкова и генератора, и то: 70% обртног момента мотора СУС на погонску осовину и 30% на генератор за напајање електромотора или допуњавање батерије. [17]

Када возило кочи, успорава, или се креће малом брзином, бензински (ОТО) мотор ће се искључити аутоматски и аутомобил наставља да се креће на електрични погон. Електромотори раде у време када су најефикаснији, тј. у градској „крени – стани“ возњи и малим брзинама кретања, мотор СУС ради када је потребна додатна снага, тј. при честим убрзањима и великим брзинама кретања. Помоћу електромотора повећавају се перформансе возила, Lexus RX 400h може да достигне брзину од 97 km/h за 8 s, што је брже него код модела RX са бензински (ОТО) мотором. Упркос бољим перформансама Lexus RX 400h Hybrid троши и приближно исту количину горива, као и конвенционални модел са четвороцилиндричним бензински (ОТО) мотором. На слици 2.24 приказа је шема трансмисије код возила Lexus RX 400h Hybrid.



Слика 2.24 – Шема трансмисије возила Lexus RX 400h Hybrid [17]

2.4. Подела хибридних возила у односу на аутономност електричног погона

Подела хибридних возила с обзиром на аутономност електричног погона, је извршена на: [5]

- потпуне (full hybrid),
- хибриди који асистирају (power assist hybrid)
- делимичне (Mild hybrid / micro hybrid) и
- утикачке хибриде (Plug in Hibridi – PHEV).

Потпуни хибриди су возила која се могу кретати само са електромотором, мотором СУС или у комбинацији. Компјутер надзире рад система, кад је укључен и који мотор, а кад заједно. Функционисање се може поделити у пет различитих режима (модова): [5]

1. Електро мод возила
2. Вожња са констатном брзином
3. Мод пуњења батерије
4. Мод за повећање снаге
5. Негативни подељени мод (Negative split mod)

Мод 1: Мотор је заустављен и батерија обезбјеђује потребну снагу за покретање возила. Користи се код празног хода као и код високог стања напуњености батерије (state of charge- SOC).

Мод 2: Кад се возило креће константном брзином без убрзања и кад мотор СУС може задовољити захтеве за снагом. Снага мотора се дели на механички пут снаге и део за генератор који обезбјеђује струју за покретање електромотора чија се снага сабира са мотором. Уколико је ниво напуњености батерије низак део струје са генератора се усмерава према батерији.

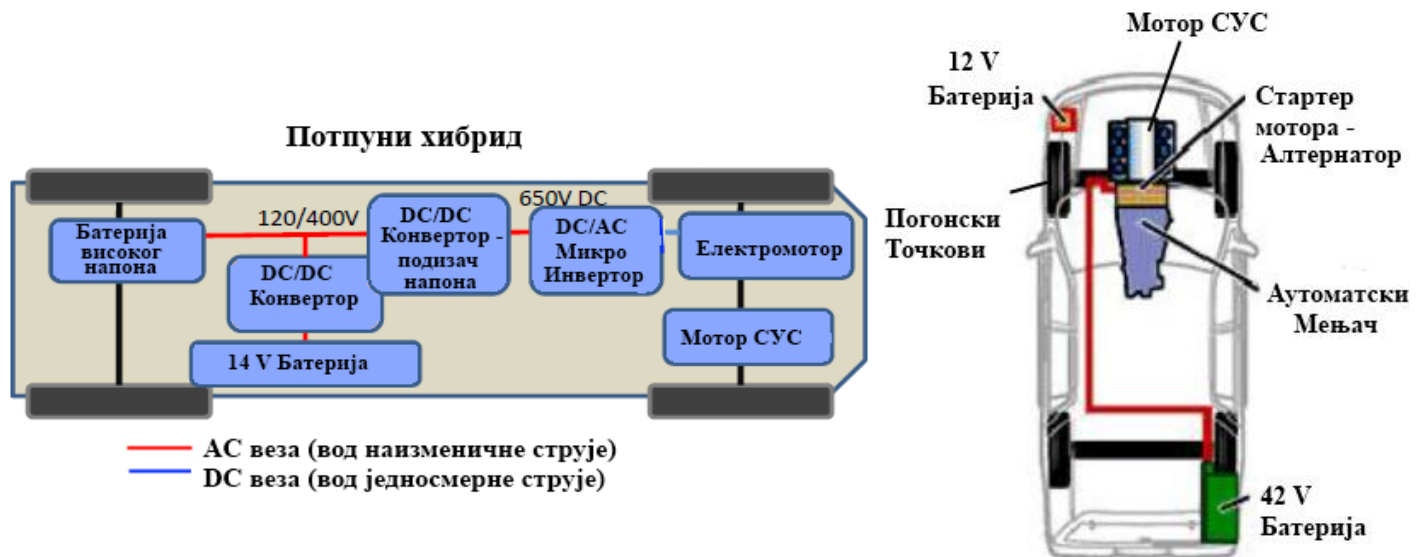
Мод 3: Овај мод се користи код празног хода, сем кад се захтева допуњавање батерије, тада се покрећу мотор СУС и генератор.

Мод 4: Овај мод се односи на ситуације када мотор СУС не може досегнути захтевану снагу, за допуну снаге користи електромотор који се напаја из батерије.

Мод 5: Када се возило креће уједначеном брзином, а батерија је добро напуњена. Тада батерија обезбјеђује снагу за електромотор (за обезбједење механичке снаге) и за генератор. Генератор претвара ту снагу у механичку енергију која се усмерава према излазном вратилу мотора СУС успоравајући га без мењања излазног момента. Резултат је смањење потрошње горива. [5]

Toyota Prius, Auri, Lexus други модели аутомобила су потпуни хибриди, тако да се ови хибриди могу покретати само помоћу мотора СУС или електромотора, користећи енергију из батерије. Рачунар надгледа рад целог система, утврђује да ли је неопходно покретање возила мотором СУС, електромотором или коришћење оба. Мотор СУС ће се искључити

када је електромотор довољан да обезбеди неопхонду снагу погонским точковима. На слици 2.23 приказана је структура потпуно хибридног возила (лево) и шема погона потпуно хибридног возила са основним елементима трансмије (десно).



Слика 2.25 – Лево – структура потпуно хибридног возила; Десно – Шема погона потпуно хибридног возила са основним елементима трансмије [10]

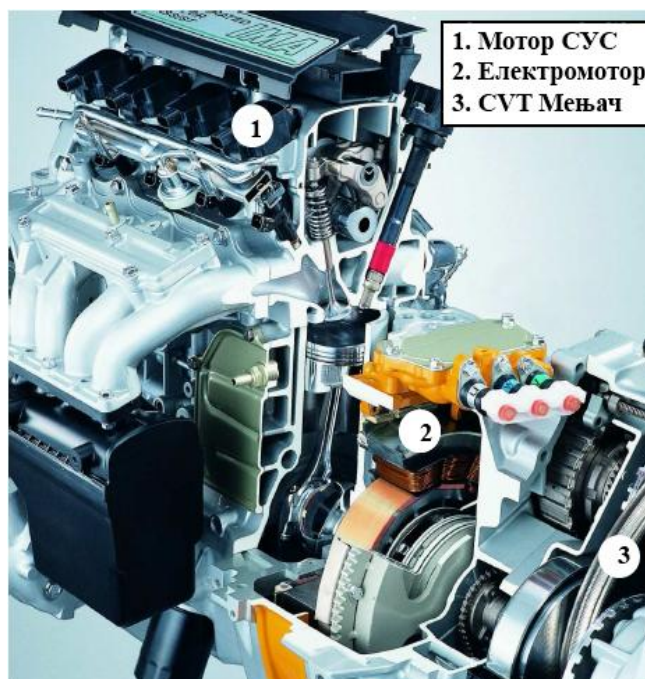
Хибриди који асистирају примењују систем, где је мотор СУС примарни извор снаге, док се електромотор користи за додатну снагу. Електромотор је смештен између мотора СУС и трансмиције – мењачког преносника и представља стартер чија функција није само покретање мотора него и снабдевање возила додатном снагом. С обзиром да је код њих потреба за електричном енергијом много мања, мања је и величина батерије. [5]

Хондини хибриди Civic и Insight користе овај систем погона, користе ефикасне ОТО motore, мање снаге и радне запремине, које допуњава електромотор. Honda овај систем назива Integrated Motor Assist (IMA) – Интегрисани мотори.

Још једна варијанта овог типа хибридног погона је, Mazda е – 4x4 погон, примењен на возилу Mazda Demio. Mazda Demio има погон на предњим точковима од стране мотора СУС, електромотор може да погони задње точкове када је потребна додатна снага. Систем је у потпуности одвојен у другим условима вожње, тако да неће побољшати перформансе или економичност.

Електромотор се монтира између бензинског (ОТО) мотора и CVT мењача. То је трофазни електромотор који уједно врши и измену напона са четири функције: делује као стартер мотора СУС, мотор балансер, динамо – генератор једносмерне струје и асистира мотору СУС када је потребна додатна снага. Динамо регенерише кинетичку енергију кочења и претвара енергију мотора СУС у електричну струју која допуњава батерију. Када асистира

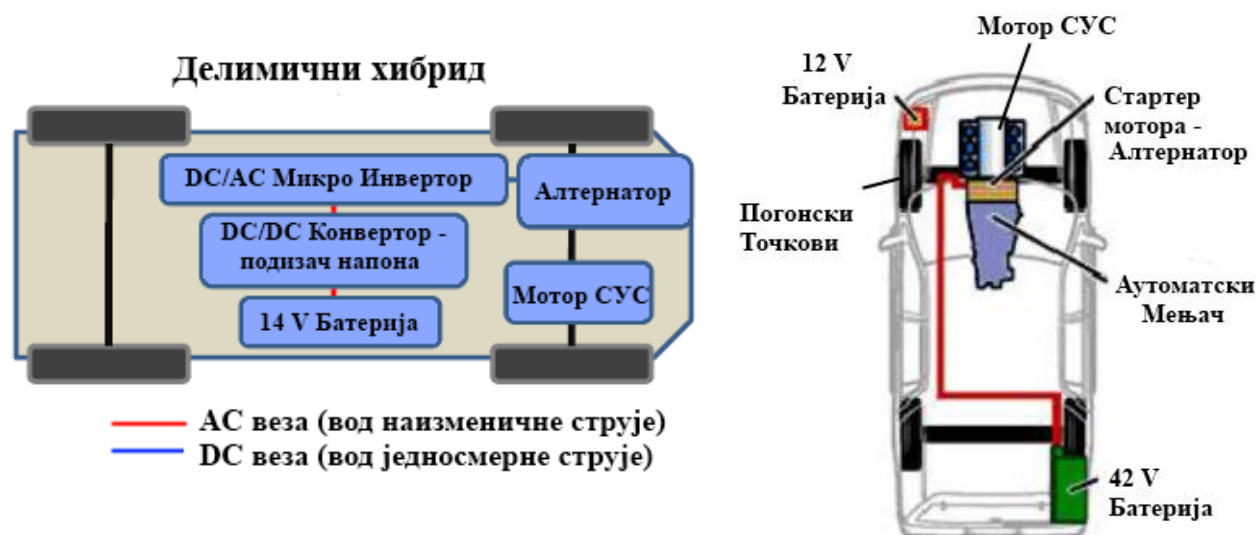
мотору СУС, електромотор конвертује 96 % своје улазне струје која се користи за погон. Дакле електромотор има знатно бољу ефикасност него бензински (ОТО) мотор. Honda IMA погонски систем приказан је на слици 2.26, где електромотор има и функцију генератора. Када асистира мотору СУС електромотор то чини са снагом до 20 kW/2000 o/min и обртним моменом од 103 Nm. Када ради као генератор, његова максимална снага је до 21 kW/1500 ÷ 2000 o/min и обртни момент од 123 Nm. Код овог система мотор СУС (ОТО мотор) има следеће карактеристике: радна запремина 1339 cm³, снага 70 Kw/6000 o/min, обртни момент 123 Nm/4600 o/min. CVT мењачки преносник се монтира поред IMA система и доприноси нижој потрошњи горива и бољим перформансама при вожњи. За разлику од конвенционалног мењача са пет или шест степени преноса, који мењају степен преноса у корацима. CVT мењач користи челични појас и варијабилну ременицу за промену степена преноса минималног и максималног преносног односа, који износи 2.526 и 0.421. После 2006 године Honda је развила IMA систем на возилу Honda Civic који може да покреће возило и на електрични погон током средње брзине кретања возила. [15]



Слика 2.26 – IMA (Integrated Motor Assist – Интегрисани мотори) погонски систем [15]

Делимични хибриди су у основи конвенционална возила са великим стартер – мотором (алтернатором), који омогућује да се мотор СУС искључи кад год возило успорава, кочи или стоји, а брзо и потпуно се рестартује. Помоћни уређаји се покрећу на електричну струју, док је мотор СУС искључен. Као и код других хибридних возила, електромотор се користи код регенеративног кочења, али не асистира мотору СУС и нема електро режим, тј. возило се не може кретати само уз помоћ електромотора. Дакле, многи и не сматрају да су то хибриди, пошто не постоји електромотор за вожњу, тако да та возила немају мању потрошњу горива као остала хибридна возила. Код оваквих возила радни век мотора СУС

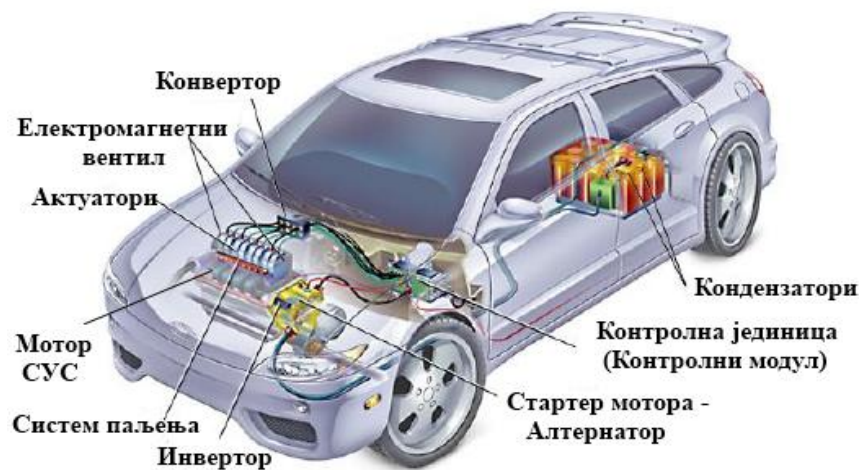
је мањи, често покретање и заустављање такође утиче на то да мотор не може да ради на оптималној температури, што утиче на његову ефикасност. [5] Структура делимично хибридног возила приказана је на слици 2.27 (лево) и шема погона делимично хибридног возила са основним елементима трансмије (десно).



Слика 2.27 – Лево – структура делимично хибридног возила; Десно – Шема погона делимичног хибридног возила са основним елементима трансмије [10]

Оно што је карактеристично код делимичних хибридних возила јесте примена актуатора и кондензатора. Актуатори (крајњи извршни елементи) представљају везу између електронских сигнала микропроцесора и стварног процеса механичког покрета, актуатор представља елемент који одрађује неку радњу. На њихов улаз доводи се сигнал слабе снаге који даје рачунар и та вредност носи информацију која представља управљачки сигнал на основу које добијамо одговарајућу промену на излазу елемента. У самом елементу тај сигнал може бити појачан одређеним појачивачем, како би на излазу могли контролисати вредност која може бити електрична, механичка, течност или температура. Број сензора и актуатора на возилима се у последњих двадесетак година свакодневно повећава, тако да се данас њихов број на возилима мери у стотинама. Кондензатори као елементима могу да ускладиште одређену количину електричне енергије, али исто тако повећање количине ускладиштене енергије захтева и повећање габарита кондензатора, шездесетих до година прошлог века, када су ствари полако почеле да се захуктавају и када су се појавили први суперкондензатори (supercapacitors), кондензатори изузетно великих капацитета. Данас су на располагању суперкондензатори капацитета до неколико хиљада фарада (F), а најчешћа примена им је тренутно у хибридним возилима и возилима на електрични погон, углавном у улози помоћних извора енергије у тренуцима када је потребно у кратком времену емитовати већу количину енергије. И поред постигнутог напретка, данашњи суперкондензатори ипак имају густину енергије по јединици

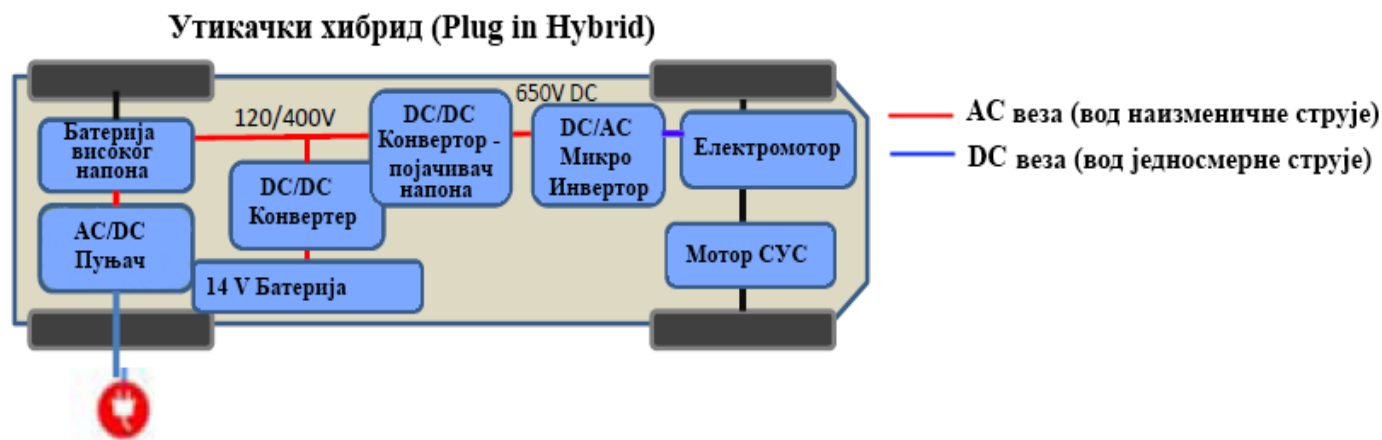
запремине око 25 пута мању од класичних батерија. [5] [16] На слици 2.28 приказана је погонска група делимично хибридног возила високе класе (категорије М1).



Слика 2.28 – Погонска група код делимично хибридног возила високе класе (категорије М1)[16]

Утикачке хибрид (Plug in Hybrid – PHEV) су потпуни хибриди који су у стању да се покрену само у електро моду, са великом батеријом и са могућношћу допуњавања са електричне мреже, како би избегли коришћење мотора СУС за краћа путовања (зависно од величине батерије). Обично се још називају гас – опционо или мрежни хибриди. Главна му је предност да је независан од бензина за дневно кретање, али има проширени опсег хибрида за дуге релације. Утикачки хибрид (PHEV), као врста хибридног возила, може бити изведен и са серијским и са паралелним погонским системом. Садржи батерије повећаног капацитета (од обичних хибрида) како би возилу било омогућен већи домет вожње само на електричну енергију. [5]

Концепт утикачких (PHEV) хибрида занимљив је онима који свакодневно путују мањим удаљеностима те на тај начин могу потпуно или делимично избећи коришћење мотора СУС. Такође смањују емисију штетних гасова, ако електрична енергија којом се возило пуни долази из чистих извора енергије. PHEV побољшава начин коришћења енергије због тога што се акумулатор (батерија) може пунити ноћу. Пуњење са мреже АС наизменичне струје захтева акумулаторски пуњач који се састоји од АС – DC конвертора са корекцијом фактора и програмабилним дигиталним контролером. За оваква возила неопходе су јавне станице за пуњење батерије или соларни паркинг, док траје паркирање. General Motors (GM) је у сарадњи са интернационалним SAE (Society of Automotive Engineers) удружењем постигао стандардизацију утикача помоћу којих се пуни батерија возила. Ford Fussion Energi и Toyota Prius Plug-in Hybrid, Volvo C30, Mitsubishi Outlander и други модели осталих произвођача су примери утикачких (PHEV). На слици 2.29 приказана је структура утикачких (PHEV) хибрида.



Слика 2.29 – Структура утикачких (PHEV) хибрида [10]

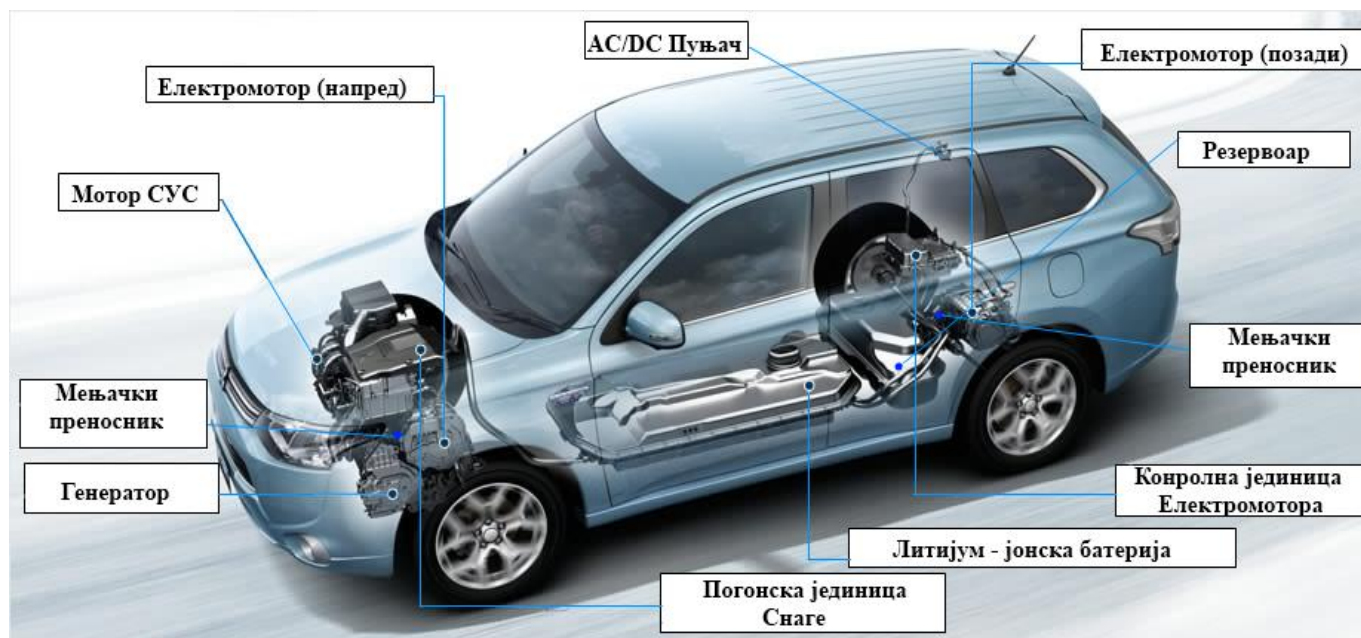
Toyota Prius Plug-in Hybrid је хибридно возило код кога точкове може да покреће и бензински (ОТО) мотор и електромотор. Батерија се може потпуно напунити за 1h и 30 min на стандардној кућној утичници од 220 ÷ 230 V, што возилу даје максималну брзину од 100 km/h и домет од око 20 km када возило ради у електро моду. Plug – in хибриди су најисплативије краткорочно и средњорочно решење. Потпуно електрични начин рада се користи за кратка путовања, возило користи компактну литијум – јонску батерију која се брзо пуни, а бензински мотор омогућава дуга путовања. Prius Plug-in хибрид има за 30% мању потрошњу горива у комбинованом циклусу од Priusa – 2.6 l/100 km и стварање емисије од CO₂ од само 59 g/km. [30]

Plug-in-Hybrid Volvo C30 покреће мотор СУС – ОТО мотор (бензин/био – етанол) радне запремине 1596 cm³, снаге 74 kW/6000 o/min, обртни момен мотора је 150 Nm/4000 o/min. Синхрони генератор пуни литијум – полимерску батерију са којом се може прећи од 50 km до 60 km. Електромотори су распоређени на сва четири точка, овај систем је познат као Volvo ReCharge Concept. [16]

Mitsubishi Outlander Plug-in Hybrid је возило висоле класе са погоном на четири точка (4x4), где погонску групу чине бензински (ОТО) мотор и два електромотора на предњој и задњој погонској осовини. Бензински (ОТО) мотор је радне запремине 1998 cm³, снаге 87 kW/4500 o/min, а обртни момент мотора је 187 Nm/4500 o/min. Електромотори на су снаге 60 kW, електромотор на предњој осовини има обртни момент од 137 Nm, а на задњој 195 Nm. Посебност овог аутомобила је што има и два мењачка преносника (GKN Multi-Mode eTransmission) који раде у комбинацији са електромотором и повезани су са предњом и задњом погонском осовином. Овај систем преноса санге на погонске точкове нуди оптималне перформансе у три различита начина вожње са два различита извора енергије. Литијум – јонска батерија је укупног напона 300 V и номиналног капацитета 12 kWh, уз чију енергију је домет возила 60 km. У комбинацији мотора СУС и електромотора потрошња горива је 1 l/67 km. На слици 2.30 приказано возило (категорије M1) Mitsubishi Outlander PHEV (2014) са основним елементима трансмисије. [32]

Mitsubishi Outlander Plug-in Hybrid систем аутоматски бира оптималан режим вожње у зависности од услова вожње и напуњености батерије и то:

1. Електро мод.
2. Серијски хибридни режим (укључује се у погон возила и мотор СУС, који асистира електромоторима, али само као генератор електричне енергије).
3. Паралелни хибридни режим (погон возила обезбеђује мотор СУС, уз подршку оба електромотора).



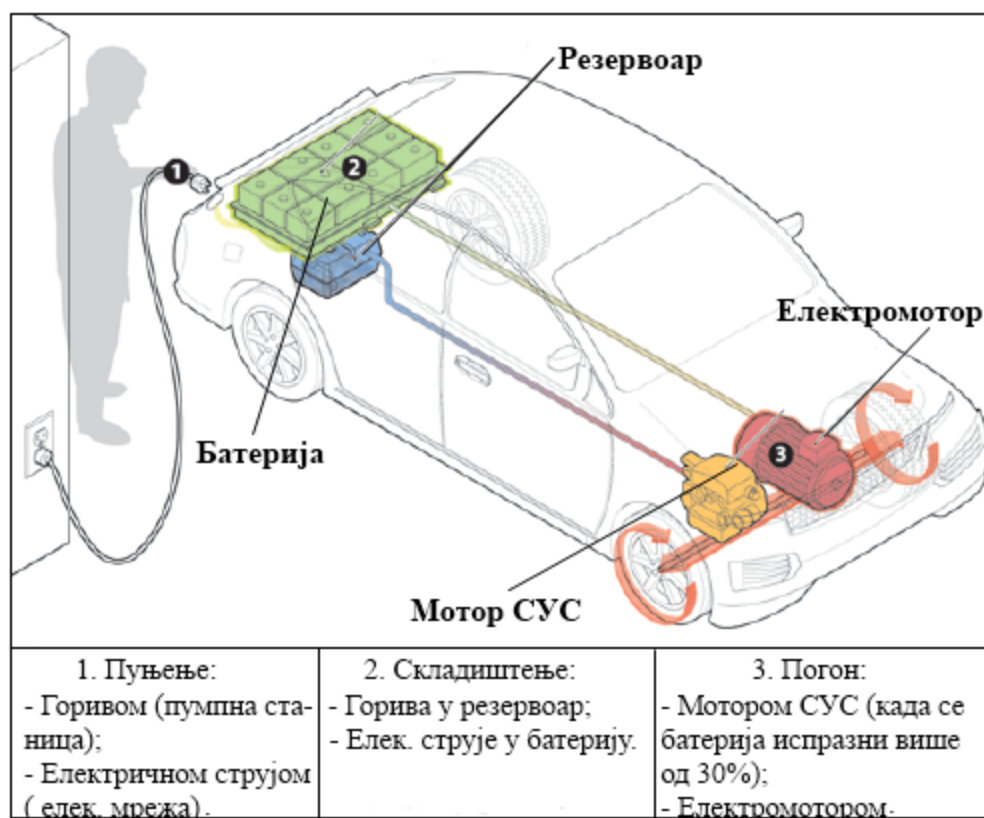
Слика 2.30 – Mitsubishi Outlander PHEV са основним елементима трансмисије [33]

Утикачка хибридна (PHEV) возила користе исти хибридни систем као и стандардни хибриди, али уз већу ефикасност, боље перформансе и у неким случајевима и до 61% мање CO₂ од конвенционалних возила. Возило на кратким и средњим удаљеностима се креће у електро режиму са нултим емисијама и потпуно бешумно. На дужим путовањима, возило функционише у хибридном режиму користећи мотор СУС и електромотор. [16]

Кључне карактеристике утикачких PHEV хибридних возила: [16]

- пуњива батерија (дуже се пуни, али и дуже празни него код конвенционалних хибрида),
- електромотор (примарни извор напајања)
- мотор СУС (накнадни извор напајања).

На слици 2.31 је дат приказ три основне фазе код утикачког хибридног (PHEV) возила, а то су: пуњење (горивом или ел. струјом), складиштење (у резервоар или батерију) и погон возила (електромотором и мотором СУС).



Слика 2.31 – основне фазе код утикачког хибридног (PHEV) возила: 1. пуњење, 2. складиштење, 3. погон возила [10]

2.5. Концепција хибридних возила категорије М1

Под концепцијом путничког аутомобила, у ширем смислу, подразумевамо његово конструктивно извођење са аспекта врсте коришћеног погонског агрегата, трансмисије, агрегата и система и међусобног положаја мотора у односу на шасију. [1]

Код возила на хибридни погон не постоји јасно усвојена дефиниција по питању концепције, али се на основу концепције код класичних конвенционалних возила може направити подела. Ако се посматра положај погонских агрегата (мотор СУС + електромотор) погонских точкова у односу на каросерију возила. Код хибридних возила најзаступљеније су две концепције:

- а) погонски агрегати напред (мотор СУС + електромотор) – погонски мост позади,
- б) погонски агрегати напред (мотор СУС + електромотор) – погонски мост напред.

Треба уочити да погон свим точковима, у зависности од положаја мотора, представља специјалан случај концепција а) и б). Код обе концепције постоји варијанта да се електромотори налазе на точковима (на сва четири или на задњим точковима). Такође постоје и концепције са два електромотора, постављеним на предњој и задњој погонској

осовини, тада је реч о погону на свим точковима, али се у суштини много не мења, јер се склоп „мотор СУС – електромотор – мењач“ смештен напред. Код неких теренских хибридних возила, „возила која припадају високој класи“, постоје два електромотора и два мењачка преносника, на предњој и задњој погонској осовини.

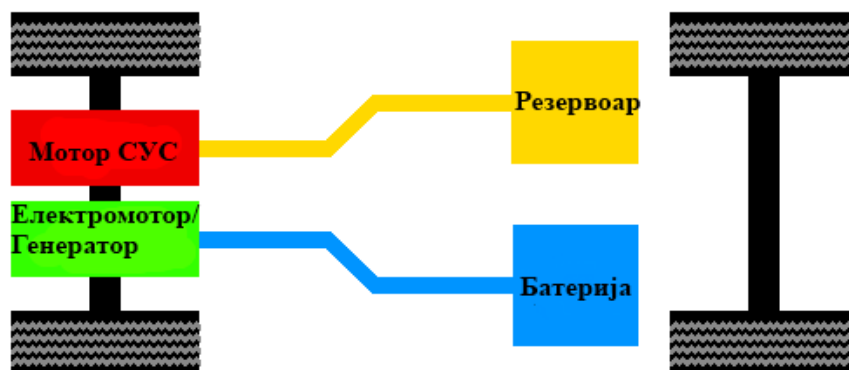
Прва концепција (а), која се често назива и „класична“ омогућава добар приступ погонским агрегатима (мотор СУС + електромотор) и већи пртљажни простор.

- Предности: равномерна расподела тежине, једноставна конструкција предње осовине, повољно оптерећење предњих точкова, могућа је уградња мотора различитих дужина, минимално оптерећење еластичних ослонаца мотора, равномерно хабање пнеуматика, једноставне команде за укључивање степена преноса, велики пртљажни простор, добро хлађење обзиром на смештај хладњака напред, ефикасно грејање због скраћеног пута топлог ваздуха и воде, висок степен искоришћења трансмисије у директном степену преноса и једноставан издувни систем велике дужине. [1]
- Недостаци: тунел по средини аутомобила ради смештаја мењача и карданског вратила, отежано управљање услед оптерећења предње осовине, недовољно искоришћење силе пријањања код празног аутомобила, проклизавање погонских точкова у оштрој кривини, ограничена величина осног растојања, повећање цене због сложености задње осовине и независно ослањање погонских точкова додатно повећава цену аутомобила. [1]

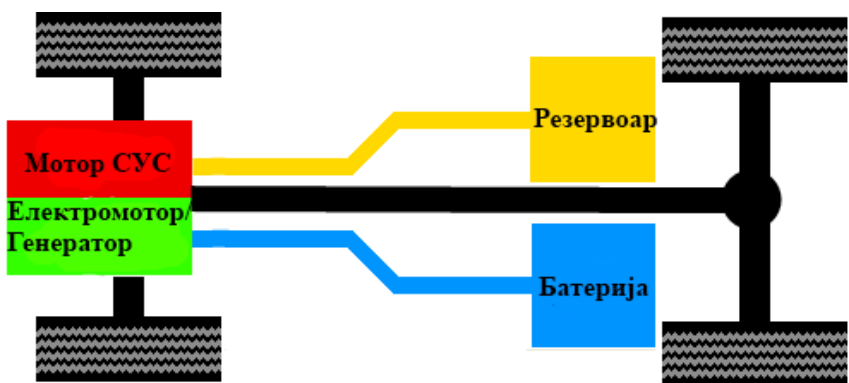
Другу концепцију (б) имају аутомобили најниже, ниже и средње класе. У овом случају погонски агрегати (мотор СУС + електромотор), спојница, мењач и погонски мост чине једну целину.

- Предности: висока стабилност (предњи погонски точкови), стабилност при бочном удару, равномерна прерасподела тежине, кратак пут од погонских агрегата до погонских точкова, могуће је веће осно растојање, а тиме и већи комфор, једноставна конструкција задње осовине, могуће је повећање пртљажног простора, побољшано хлађење мотора, добро загревање путничког простора, једноставан издувни систем и погодност у случају чеоног удара. [1]
- Недостаци: лоше перформансе при поласку аутомобила на влажном путу и на успону, сложена и скупа конструкција предње осовине, неопходан већи преносни однос система за управљање, ограничен полупречник заокретања, ограничене димензије мотора, неповољна прерасподела кочних сила, неравномерно хабање пнеуматика и могућност утицаја вучних сила на систем за управљање у одређеним условима. [1]

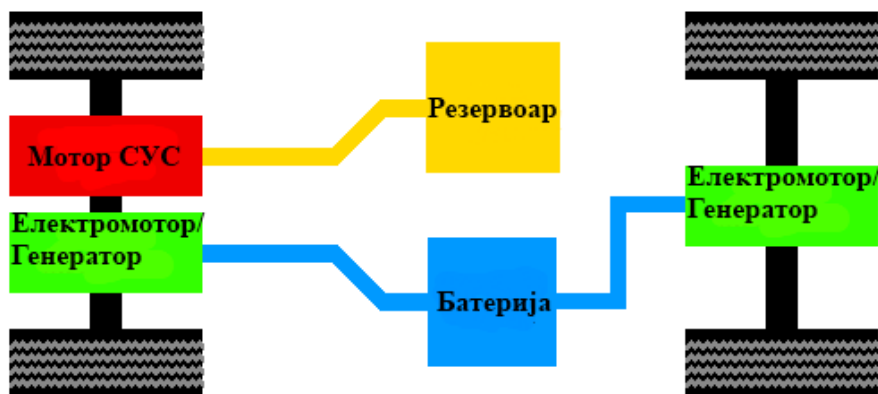
На слици 2.32 приказана је шема паралелног хибрида са погонском групом смештену напред и погоном на предњим точковима (2x4), а на слици 2.33 дат је приказ шеме паралелног хибрида са погонском групом смештену напред и погоном на задњим точковима (4x2). Шема хибрида са погоном на свим точковима (4x4), где је други електромотор смештен позади и покреће задњу осовину, приказана је на слици 2.34.



Слика 2.32 – Шема паралелног хибрида са погоном на предњим точковима (2x4) [34]



Слика 2.32 – Шема паралелног хибрида са погоном на предњим точковима (4x2) [34]



Слика 2.33 – Шема хибридног возила са погоном на свим точковима (4x4) [34]

3. Економичност, перформансе и екологија возила на хибридни погон

Производња нафте се смањује из године у годину и размишља се о начину да се тај губитак на неки начин надокнади, увођење хибридних возила у већој мери у употребу може бити једна од ублажавајућих мера. Два главна фактора за примену возила на хибридни погон су смањена потрошња горива и ниска емисија штетних гасова.

3.1. Економичност возила на хибридни погон (категорије М1)

Предности хибридног погона су знатно смањење потрошње горива и то до 50%, што као директна последица, знатно смањење загађења. Један од главних недостатака хибридног погона је тај што у смањеној мери и даље троши фосилна горива чије се залихе годинама смањују. Други велики недостатак је мала ефикасност енергетских конверзија. Циклус конверзије енергије састоји се од конверзије кинетичке енергије у електричну па онда у хемијску и обратно. Читав тај циклус, у којем се енергија претвара у генераторима и у акумулатору (батерији), нуди ефикасност мању од 40%. То подразумева да више од 60% енергије изгуби приликом конверзије, и то више него код конвенционалних погона. Такође, проблем оваквих погона је повећана количина отпада након искоришћења возила у односу на конвенционалне погоне, због сложеније опреме. [8]

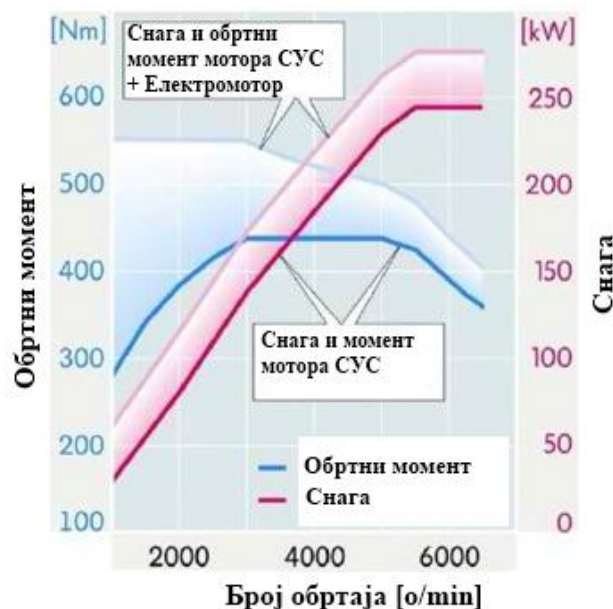
Како хибридни погони имају своје одређене недостатке, постоји перспектива њихове веће примене у комерцијалне сврхе. То се односи на инсталирање соларних панела (ћелија) на сама возила. Горива ћелија производи електричну енергију комбиновањем водоника (H) и кисеоника (O) у хемијској реакцији. Ради се о врсти минијатурне електране, будући да горива ћелија директно производи електричну енергију, без сагоревања водоника (H), чиста је и врло ефикасна. Теоријски посматрано, ако горива ћелија може претворити 83% енергије водоника у електричну енергију, може се очекивати велика ефикасност у поређењу са максимално 30% до 40% могућих код мотора СУС.[8]. Овакав систем са горивим ћелијама не производи CO₂ или штетне гасове, једини нуспродукт је вода. На тај начин би соларни панели пунили батерије возила, у случајевима када је то практичније него пуњење батерије из електричне мреже. Прототип возила (категорије М1) Toyota Prius Hibrid има инсталиране соларне панеле (плоче) на крову. Енергија прикупљена соларним плочама користи се као извор енергије за клима уређај или се може складиштити у помоћној батерији која онда омогућава већи радијус кретања аутомобила.

Тренутна хибридна возила смањују потрошњу горива под одређеним околностима, у односу на нека друга, слична конвенционална возила, и то: [8]

1. Смањење отпадне енергије током празног хода или мале излазне снаге, по правилу када је мотор СУС искључен,
2. Искориштење отпадне енергије (тј. регенеративног кочења) ,

3. Смањењем величине и снаге мотора СУС, а тиме и неефикасности, користећи додатну снагу од електромотора за компензацију губитака при максималној снази коју производи мотор СУС.

Примена било које од ове три примарне предности хибрида могу се користити у различитим возилима остварујући различиту потрошњу горива, енергије, емисије издувних гасова, масе возила и цене возила. Мотор СУС у хибридном возилу може бити мањи, лакши и ефикаснији од оног у конвенционалном возилу, јер се у случају потребе за већом снагом и обртним моментом активира се електромотор. Од погонског система у возилу се захтева рад у распону одређене брзине и снаге, али највећа ефикасност мотора СУС је у уском распону рада мотора (броја обртаја), а што чини конвенционална возила неефикасим. Напротив у већини ХЕВ (хибридних електричних возила), мотор СУС ради са својом највећом ефикасношћу. Крива снаге код електромотора је боља у односу на мотор СУС (слика 3.1), те може пружити знатно већи обртни момент при ниском броју обртаја. Већа економичност код ХЕВ возила резултује смањење потрошње горива и емисије издувних гасова. Основни захтев сваког ХЕВ возила је постојање извора електричне енергије (ел. струје). Електрична енергија се преко електромотора/генератора трансформише у механичку, потребну за погон возила.

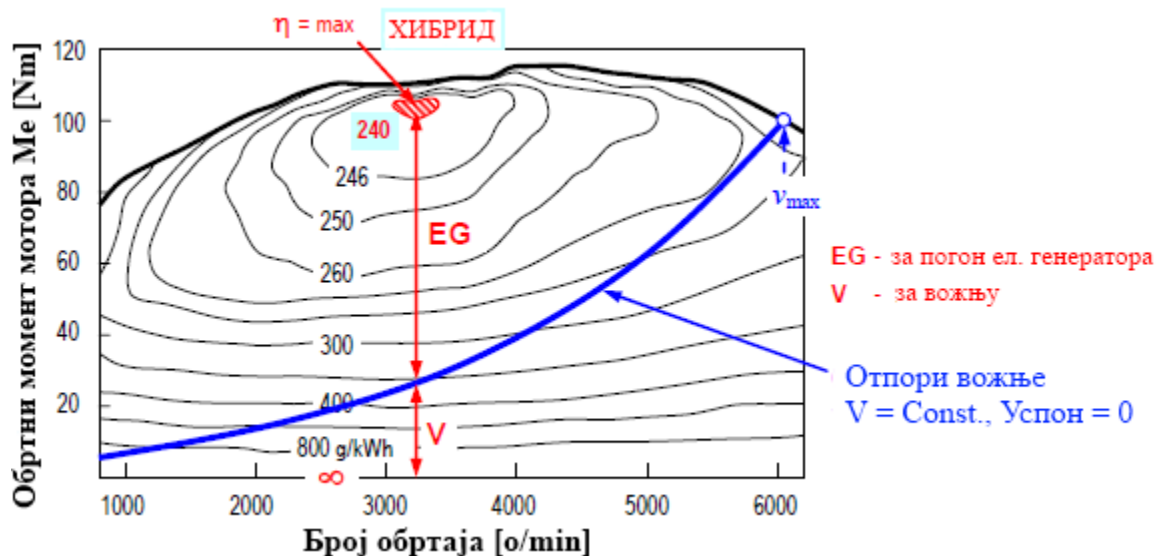


Слика 3.1 – Крива обртног момента и снаге у случају мотора СУС и комбинације мотор СУС са електромотора [8]

Као што је приказано у табели 3.1, возило на хибридни погон (ХЕВ) прећи ће двоструко растојање у односу на возило које користи само мотор СУС, уз исту количину утрошене енергије (горива). Мотори СУС су неефикасни, не само због количине енергије која се губи претварањем из хемијске у механичку, већ и због енергије која се троши када се возило не креће, а мотор и даље ради.

Табела 3.1 – Поређење губитака ХЕВ и возила са мотором СУС [5]		
Извор енергије	Хибридни погон	Мотор СУС
Гориво	100	100
Губици преноса	-6	-6
Губици у празном ходу	0	-11
Додатна оптерећења	-2	-2
Губици мотора	-30	-65
Регенеративно кочење	+4	0
Укупно преостале енергије	66	16

Мотор са унутрашњим сагоревањем ради већином у подручју минималне специфичне потрошње горива (слика 3.2), при чему се вишак снаге изнад износа потребног за вожњу усмерава на погон електричног генератора који пуни батерију или погони електромотор.



Слика 3.2 – Поређење рада мотора СУС код конвенционалног и код хибридног возила у топографском дијаграму специфичне ефективне потрошње горива [5]

Оправданост за увођење алтернативних погона првенствено треба тражити у трендовима који се промовишу у ЕУ и другим развијеним државама света. Ови трендови постали су значајни првенствено због тога што се смањују извори ресурса фосилних горива, посебно нафте, чијом се прерадом производи дизел гориво и бензин. При томе се изричито води рачуна о економичности, а у другом плану о заштити животне средине.

Трошкови одржавања су такође један од битних фактора при разматрању економичности хибридних возила, али све што није у вези са батеријама, доноси идентичне трошкове као и конвенционални аутомобил.

3.2. Перформансе возила на хибридни погон (категорије М1)

Под перформансама спада низ фактора, као што су динамика возила, време убрзања од $0 \div 100 \text{ km/h}$, удобности вожње, зауставни пут при брзини од 100 km/h , радијус кретања и др. Код хибридних возила, перформансе се односе и на пређену километражу у електро моду, још један важан фактор је смањена емисија. Маса је главна препрека код хибридних возила како би се постигле задовољавајуће перформансе. Хибриди су више него тешки за разлику од конвенционалних возила, па се многи произвођачи баве том проблематиком, како повећали број пређених километара у електро моду, и смањили масу возила. [18].

Карактеристике које су важне за обављање функцие хибридних возила у целом подручју предвиђених брзина вожње: [18]

- вучне силе (савладавање отпора пута),
- убрзање/успорење,
- време потребно за постизање одређених брзина,
- пут потребан за постизање одређених брзина.

Вучне карактеристике хибридних возила зависе од погонских агрегата (мотор СУС + електромотор). Њихова снага мора бити довољна да савлада отпоре вожње, који зависе од конструкције возила и услова експлоатације. Брзинске карактеристике погонских агрегата односе се на: снагу (P), обртни момент (P), и специфичну потрошњу горива код мотора СУС (g_e) приликом промене броја обртаја (n), за одређени степен оптерећења (режим рада). Ослањајући се на бензинске (ОТО) и електромоторе могуће је искористити најбоље карактеристике које ови мотори пружају. Смањене димензије мотора СУС доприноси добијању места у самим возилима као и смањењу целокупне масе. Економични мотори СУС који се користе у хибридим возилима (категорије М1) имају за задатак да буду штедљиви, док се перформансе стављају у други план. [5]

Хибриди који асистирају имају електромотор мале снаге, довољан да обезди додатну снагу уз мотор СУС када је то потребно у односу на режим рада возила. Делимични хибриди имају електромотор са снагом око 15% – 25% снаге мотора СУС, док потпуни хибриди имају електромотор са снагом око 40% – 50% снаге мотора СУС. [5]

Побољшање аеродинамичности код теренских хибрида је један од највећих фактора који утиче на перформансе возила, већа снага потребна за покретање погонских точкова, резултује потрошњом већом горива, Боља аеродинамичност такође доприноси бољем понашању возила на путу, бољој контроли и безбеднијој вожњи. Пнеуматици, аутомобилске гуме су произведене тако, да дају најчешће боље перформансе, веће пријањање и мирнију вожњу. Хибрида возила користе специјално произведене пнеуматике који се пумпају на већи притисак него пнеумтици код комерцијалних возила и најчешће су чвршћи, али имају мањи отпор котрљања приликом кретања возила. На овај начин се мањује потрошња горива.

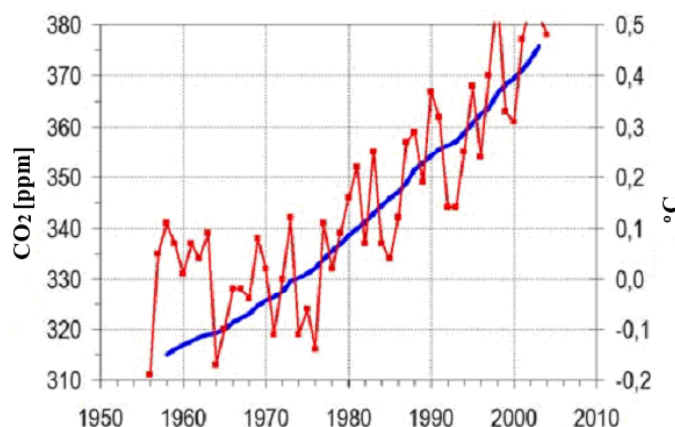
Неке од значајних карактеристика, које утичу на перформансе хибридних возила: [18]

- снага и обртни момент: максималне вредности и брзинска карактеристика мотора СУС и електромотора,
- потреба за трансмисијом,
- концепција возила, шема погона
- димензије, маса,
- енергетска ефикасност (потришња горива и емисија),
- начин складиштења погонске енергије и време пуњења,
- карактеристике, расположивост горива и напуњеност батерије (ел. струјом), начин добијања и складиштења,
- густина енергије и снаге,
- аутономија вожње,
- поузданост, век трајања, погодност за одржавање,
- удобност, бука вибрације, итд.

3.3. Возила на хибридни погон (категорије М1) и екологија

Убрзани развој хибридних возила првенствено је мотивисан еколошким разлозима. Возила на хибридни погон значајно мање загађују околину, јер не испуштају издувне гасове у оној мери у којој то чине возила са моторима СУС. Тренд развоја аутомобилске индустрије види се из чињенице да је 1950. године на свету било око 53 милиона моторних возила, да би их 1992. било пола милијарде, а 2010. године тај број је премашио милијарду, што је у односу на 2009. представљало повећање од 3.6%, односно највеће повећање на годишњем нивоу у овом веку. Наставком оваквог тренда до 2029. године на саобраћајницама широм света број аутомобила премашиће две милијарде. Норвешка је један од највећих произвођача нафте у Европи, али има највећи број возила на хибридни и електрични погон по глави становника у свету. У Норвешкој током 2013. године број аутомобила на електро покон порастао за 5%, него у предходној години, чиме се знатно утиче на очување животне средине. Број друмских моторних возила регистрованих током 2013. године у Републици Србији већи је у односу на број регистрованих возила у претходној години. Укупан број регистрованих путничких аутомобила у 2013. години износи 1.770.206. На друмовима Србије вози се свега око 300 возила која користе хибридни погон, и по томе смо убедљиво на зачељу европских земаља. [35]

Овако убрзан раст броја моторних возила је озбиљна претња за животну средину. Када се узме у обзир да се возила у сиромашнијим земљама неадекватно одржавају, а да су застоји у саобраћају свакодневна појава у развијеним земљама, онда је глобална слика загађивања ваздуха издувним гасовима друмских возила изузетно неповољна. На следећој слици 3.3 биће приказан пораст концентрације CO_2 у атмосфери и средње температуре земље.



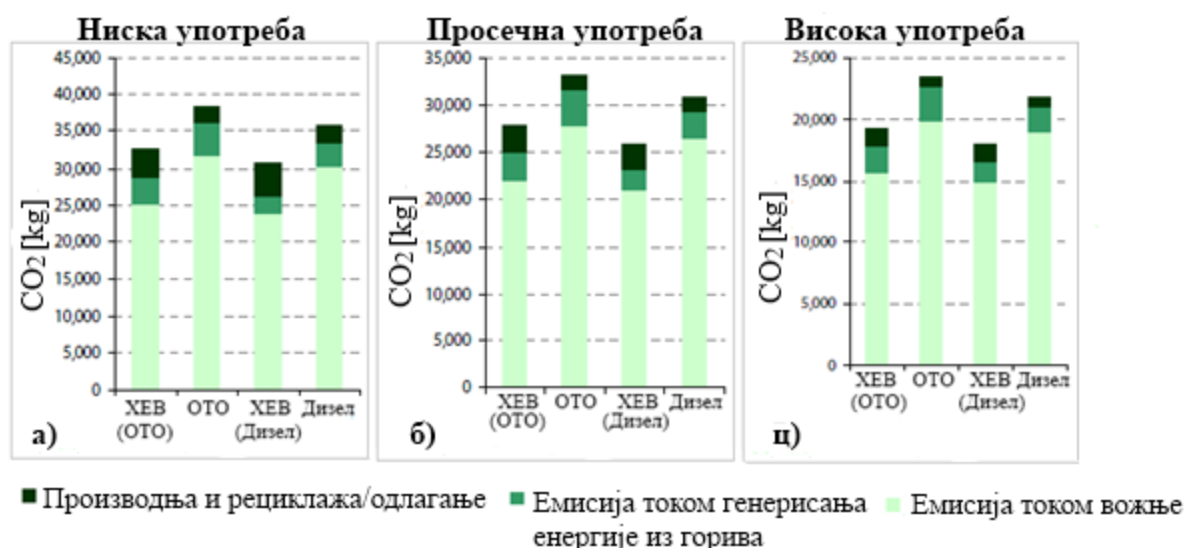
Слика 3.3 – Пораст концентрације CO_2 у атмосфери и средње температуре земље до 2010. године [5]

Када се вреднује учинак возила на загађивање ваздуха, треба имати у виду да је највећи проблем загађивање ваздуха у градовима. Употребом хибридних возила ваздух изнад градова би се битно очистио. Са друге стране да би се спречило глобално загревање услед ефекта стаклене баште потребно је смањити укупну количину издувних гасова. Предност хибридних возила у односу на она која користе само мотор СУС је што се емисија издувних гасова може смањити и за 50%. Стога је потребно и даље улагати у развој хибридних аутомобила који користе фосилна горива на минималној бази. Дакле, оно што хибридни аутомобил потроши горива у месец дана то аутомобил на бензински или дизел мотор потроши за једну недељу, самим тим емисија је мања.

Овакв начин погона возила доприноси побољшању ваздуха у загађеним срединама. Са електромотором и мотором СУС штетни гасови неће бити потпуно избачени, али допринос ових возила смањењу ефекта стаклене баште као и смањење гасова који стварају смог у градовима је веома битан. Смањење које неки модели имају у стварању смога у градовима износи и до 90%. Статистика говори да са просечним навикама просечног возача употреба хибрида доприноси између 25 – 90% смањењу штетних гасова у поређењу са конвенционалним аутомобилима.

Иако хибридна возила не нуде нулте емисије приликом употребе у саобраћају, они могу да знатно смање емисију угљен – диоксида и осталих загађивача ваздуха у поређењу са конвенционалним возилима која користе само бензинским (ОТО) и дизел мотор. Ово поређење је приказано на сликама 3.4 (а), 3.4 (б), 3.4 (ц), које се односе на поређење емисије коју производе хибриди погони са ОТО и дизел моторила у односу на конвенционална путничка возила (категорије М1) са ОТО и дизел моторима. Статистика се односи на различите временске периоде и режиме коришћења: [19]

- а) ниска употреба (12 000 km за 15 година), од тога 30% употребе у градској вожњи,
- б) просечна употреба (17 000 km за 10 година), од тога 40% употребе у градској вожњи,
- ц) висока употреба (25 000 km за 5 година), од тога 25% употребе у градској вожњи.

Слика 3.4 – Поређење емисије CO_2 хибридног погона и конвенционалних возила [19]

У табели 3.2, дато је поређење емисије коју производи ХЕВ (комбинација електромотора са ОТО или дизел мотором) и конвенционално возило које користи ОТО или дизел мотор, током просечног коришћења (17 000 km за 10 година), од тога 40% употребе у градској вожњи. У емисију издувних гасова укључени су: угљен – диоксид (CO_2), угљен – моноксид (CO), угљеводоници, азотни оксиди (NO_x), угљен – моноксид (SO_2) и PM честице.

Табела 3.2 – Поређење емисије ХЕВ и конвенционалних возила при просечној употреби у [kg] [19]

Емисија	ХЕВ (ОТО)		ОТО мотор		ХЕВ (дизел)		Дизел мотор	
Емисија CO_2 током вожње	48.812		62.770		37.993		49.004	
Емисија CO_2 током генерисања енергије из горива	6.680	60.47	8.788	74.27	3.907	46.98	5.039	56.86
Емисија CO_2 настала током производње рециклаже/одлагања возила	4.981		2.716		5.086		2.280	
Емисија CO током вожње	62.8		71.7		68.4		84.0	
Емисија CO током генерисања енергије из горива	3.7	76.3	4.8	102.2	2.5	80.8	3.2	112.8
Емисија CO настала током производње рециклаже/одлагања возила	9.9		25.7		9.9		25.7	
Емисија угљевод. током вожње	3.4		3.8		6.9		9.7	
Емисија угљевод. током генер. енергије из горива	148.7		195.6		47.1		60.7	
Емисија угљеводоник настала током производње рециклаже/одлагања возила	5.1	157.2	6.0	205.4	5.1	59.1	6.0	76.4
Емисија NO_x током вожње	23.0		25.3		66.9		87.6	
Емисија NO_x током генерисања енергије из горива	31.1	61.1	41.0	73.7	20.4	94.3	26.3	121.4
Емисија NO_x настала током производње рециклаже/одлагања возила	7.0		7.4		7.0		7.5	
Емисија SO_2 током вожње	0.2		0.1		0.1		0.2	
Емисија SO_2 током генерисања енергије из горива	1.3	3.6	1.7	2.6	0.7	3.0	1.0	1.8
Емисија SO_2 настала током производње рециклаже/одлагања возила	2.1		0.6		2.1		0.7	
Емисија PM током вожње	0.5		0.5		8.8		11.1	
Емисија PM током генерисања енергије из горива	68.0	127.6	89.5	103.8	42.3	111.4	54.4	80.7
Емисија PM настала током производње рециклаже/одлагања возила	59.1		13.8		60.4		15.1	

4. Техничка регулатива, безбедност и одржавање возила на хибридни погон

Законска регулатива која се односи на безбедност у друмском саобраћају и захтеви које треба да испуне возила која учествују у јавном саобраћају, представља тзв. техничку регулативу. Неопходно је да се при утврђивању појединих одредби техничке регулативе анализира стварни степен утицаја на безбедност саобраћаја, као и утицај на развој возила, односно примену нових технолошких решења, у овом случају возила на хибридни погон. Да би се испунили ови захтеви поробна су и велика материјална средства.

4.1. Техничка регулатива која се односи на возила са хибричним погоном

Код возила на хибридни погон, неопходно је обезбедити висок квалитет тих возила у погледу безбедности саобраћаја и важних перформанси, како активне (безбедност вожње, условна безбедност, безбедност опажања, безбедност управљања, и др.) тако и пасивне безбедности (деформационо понашање каросерије, спољни облик каросерије, браници, обезбеђеност путног простора, систем за задржавање путника, систем за управљање, могућност избављења путника из возила, заштита од пожара, и др.), а затим и у погледу техничке исправности и својстава која се односе на поузданост, односно вероватноће исправног рада и адекватног реаговања у критичним ситуацијама. Да би се то остварило неопходно је постојање адекватне техничке регулативе. На овај начин се прописују захтеви које треба да задовоље возила да била прикључена друмском саобраћају, а уређују се у два нивоа: [18]

- први ниво су захтеви који се односе на опремљеност хибридних возила, као и перформанси чија се испуњеност релативно лако може утврдити уз помоћ мерних уређаја и инсталација једноставније конструкције,
- други ниво су захтеви који се односе на конструкцију и перформансе возила за чије је одређивање, односно проверу потребно више времена и мерна и опитна инсталација сложене конструкције.

Да ли су захтеви испуњени на првом нивоу проверава се редовним или ванредним прегледима на сваком возилу, на лицу места или на линији техничког прегледа. Ови захтеви обухватају, пре свега: [19]

- перформансе возила са становишта активне безбедности (радна и помоћна кочница, светла и светлосни уређаји, пнеуматици, систем за управљање, итд),
- да ли је возило опремљено уређајима и опремом за безбедност саобраћаја (сигурносни појасеви, тахогаф, итд),
- редовне провере техничке исправности, односно обављања редовних прегледа.

Захтеви на другом нивоу се односе на разне врсте хомологације, одобравање типа возила, атестирање и друге врсте испитивања која се обављају на једном одређеном

типу возила, које се налази у серијској производњи. Што подразумева, да су сва возила тог типа једнака, односно саобразна испитиваном узорку. Прописи на овом нивоу су значајно шири од регулативе на првом нивоу, обухватају и низ перформанси возила са становишта пасивне безбедности (облик и крутост каросерије, уређење спољних површина и унутрашњости возила и др.), а такође и утицаја на околину.

Према посебним упутствима, прописима и правилима спроводи се хомологација и друга испитивања, уз коришћење сложене мерне инсталације. Овај део техничке регулативе се уређује на међународном нивоу.

Што се тиче техничке регулативе у Србији најважнији су правилници Економске комисије ОУН за Европу, односно тзв. ЕСЕ Правилници (ECE Regulations), а затим и одговарајућа регулатива Европске уније, односно ЕЕС Директиве (EEC Guidelines). На развоју ових Правилника и Директива ради се више година уназад, тако да данас има више стотина ових прописа. У прописе Републике Србије који се односе на моторна возила уврштен је и један део ЕСЕ регулативе, настојања да наша земља постане пуноправни члан ЕУ изискује да се сви прописи из ове регулативе пренесу и у наше законодавство. Нужно је да се истакне да сви прописи из оквира техничке регулативе, и на једном и на другом нивоу, треба да садрже, следеће основне елементе: [18]

- одговарајуће перформансе (најмањи кочни коефицијент, највиши садржај емисије издувних гасова, и др.),
- начин провере, односно методологију испитивања, укључујући и захтеве у погледу простора, околине и других елемената за мерење, провере или испитивања,
- мерне уређаје, инструменте и инсталације за проверу, односно за испитивање, потребну тачност ових уређаја и начин и рокове провере тачности (баждарења),
- потребне квалификације, радно искуство и друге важне карактеристике лица која обављају ове провере или испитивања.

Алтернативни погон возила и даље се убрзано развија, постоји стална потреба да се и технички захтеви који се односе на ова возила стално усавршавају. Из тог разлога стручни тимови из најразвијенијих земаља раде на равоју техничке регулативе, као и групе експерата у оквиру ЕСЕ ОУН.

У Србији на основу закона о безбедности саобраћаја донет је „ПРАВИЛНИК О ПОДЕЛИ МОТОРНИХ И ПРИКЉУЧНИХ ВОЗИЛА И ТЕХНИЧКИМ УСЛОВИМА ЗА ВОЗИЛА У САОБРАЋАЈУ НА ПУТЕВИМА“. Овим Правилником се прописује подела, класификације и дефиниције моторних и прикључних возила, услови које морају да испуњавају у саобраћају и на путу у погледу димензија, техничких услова и уређаја, склопова, опреме и техничких норматива. У овом правилнику возила се категоришу, тј. њихова подела се врши на категорију возила, класу возила, облик каросерије, тип возила, варијанту типа возила и верзију типа декларације произвођач возила, и то: [20]

Категорија М1 – путничко возило: возила категорије М која имају највише 8 седиштане не рачунајући седиште возача.

Облик каросерије возила:

1. Путничка возила

АА лимузина,

АВ лимузина са задњим вратима,

АС караван (station wagon, estate car),

АД купе,

АЕ кабриолет,

АФ вишенаменско возило: моторно возило које не одговара класама од АА до АЕ намењено за превоз путника и њиховог пртљага, односно робе у истом простору.

Но ако овакво возило испуњава испуњава оба следећа услова:

(I) број места за путнике (без возача) није већи од шест;

(II) $P (M + N \times 68) > N \times 68$, при чеми је:

P – највећа дозвољена маса у kg,

M – маса возила спремног за вожњу у kg,

N – број путничких места за седење.

Димензије:

- највећа дозвољена дужина 12 m,
- највећа дозвољена ширина 2.55 m,
- највећа дозвољена висина 4 m.

Маса:

- укупна маса моторног двоосовинског возила не сме да прелази 18 t.

Осовинско оптерећење возила, односно скупа возила у стању мировања на хоризонталној подлози не сме да износи:

- једна гоњена осовина 10 t,
- једна погонска осовина 11.5 t.
- Укупно оптерећење две осовине моторних возила, при чему осовинско оптерећење појединачне осовине не сме прећи 10 t, и које имају међусобно растојање:
 - мање од $1.0 \text{ m} \div 10 \text{ t}$,
 - од 1.0 m до $1.3 \text{ m} \div 11.5 \text{ t}$
 - од 1.3 m до $1.8 \text{ m} \div 18 \text{ t}$.

Сва моторна возила морају испуњавати одговарајуће SRPS стандарде Р. Србије (SRPS M.N0.001, SRPS M.N0.009, SRPS M.N0.010, SRPS M.N0.011 и др.).

4.2. Безбедност и одржавање возила на хибридни погон

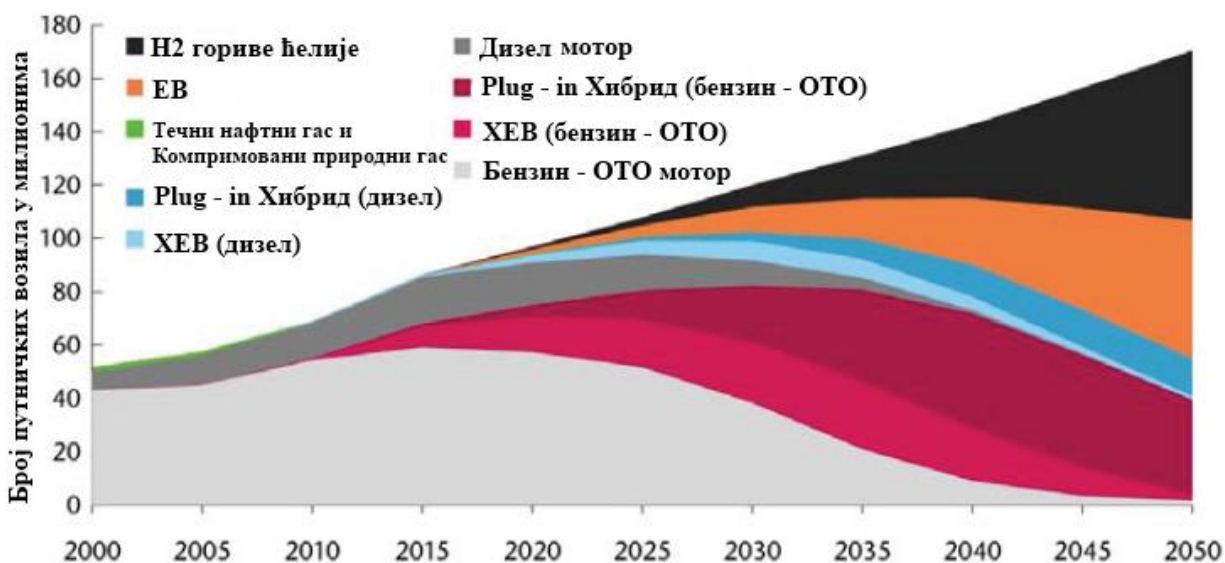
Електромотори и генератори ХЕВ у току експлоатације раде у екстремним условима. Када је у питању безбедност и одржавање ХЕВ екстремни услови могу да доведу до проблема и ризичних ситуација, као и до скраћења животног века ових возила. Проблеми могу да се очекују услед екстремних температура, при којима се возило користи, као и од продора страних тела и влаге у унутрашњост електричних машина (електромотор, генератор, контролна јединица и др.). Треба имати у виду могућност прегревања електромотора у код експлоатације на великим надморским висинама (због слабијег хлађења), штетно дејство соли и других хемикалија, као и вибрација. [18]

Код ХЕВ треба поменути и заштиту од пожара, пре свега због постојања електричних машина (електромотор, генератор, вод високог напона, и др.), који раде у комбинацији са мотором СУС, а који притом за свој рад користи гориво (дизел, бензин и др.). Због свега овога је тешко говорити о општим показатељима безбедности и одржавања ХЕВ, јер се услови експлоатације могу значајно разликовати. Електрична компонента хибридног возила ради на 500 V, што је око два пута више од струје из стандардне мреже или око четири пута више од 12 – волтног акумулатора код конвенционалних возила. У случају несреће и хаварије (гужвања) на ХЕВ долази до опасности од појаве високог напона на металним деловима аутомобила. Високог напона на каросерији не би смело бити, али не могу гарантовати да је немогуће да у случају несреће он тамо доспе. Због властите безбедности, ватрогасцима САД, земљи са највише хибридних возила, достављају се детаљна техничка упутства како реаговати при уклањању олупина хибридног аутомобила. Безбедоносна испитивања и процедуре, морају да предвиде начин на који треба извући путнике заробљене у олупини ХЕВ, настрадалима се приступа резањем крова, а ХЕВ се изричито сматра као предмет под напоном. [18]

Редовно одржавање ХЕВ се своди на проверу течности у систему за хлађење и заптивеност тог система. Осим тога, код ХЕВ где се енергија за погон узима из оловних акумулатора (батерија) неопходно је водити рачуна о нивоу електролита у ћелијама и стању контаката. Праћење електричног стања ћелија се обавља помоћу рачунара и не представља компликовану процедуру. Одржавање и експлоатација ХЕВ подразумевају обављање свих радњи које су потребне при одржавању мотора СУС (замене уља, свећица, филтера и др.). Када се не би посматрале и остале компоненте возила, ХЕВ би са аспекта одржавања и експлоатације била врло неповољна. Код ХЕВ, због могућности рекуперативног кочења смањује се оптерећење кочница, тако да се трошкови и активности у вези са њиховим одржавањем смањују. Примера ради ХЕВ после пређених 85.000 km истрошеност кочионих облога износила 30%, што значи да би могле да трају и преко 280.000 km, скоро колико и животног века возила. Узимајући у обзир и то да су саме електричне машине које се користе за ХЕВ једноставније и да се на њима троше једино лежачеви, утисак је да су ова возила повољнија за одржавање од конвенционалних. [18]

5. Избор тржишта за ново возило на хибридни погон

У земљама широм света, као и у Европи се бележи константан раст продаје хибридних возила, где готово да нема државе која није увела некакав облик подстицаја за оне који се одлуче на куповин еколошких возила. Подстицаји су уведени искључиво због самњења количине угљен – диоксида (CO_2) и осталих штетних гасова које возила испуштају у атмосферу. У Србији су уведене субвенције (1000 EUR, при куповини возила), међутим као што је речено у предходном поглављу регистровано је тек 300 возила на хибридни погон. Ипак ако посматрамо глобалну слику тржишта може се рећи да су хибриди следећи корак у еволуцији аутоиндустрије. Како још увек није изграђена инфраструктура за свакодневно коришћење електричних возила, Plug – in хибриди су следећи најбољи избор. Возила на хибридни погон су веома популарна, јер имају пуно мању емисију штетних гасова и прилично смањење потрошње горива, а у већини случајева сачуване су добре перформансе појединих модела. Процењује се да ће продаја хибридних возила у Европи достићи 100.000 примерака годишње. На слици 5.1 дата је процена удела путничких возила на светском тржишту до 2050 године. [8] [35]



Слика 5.1 – Процена удела путничких возила у зависности о погону до 2050 године [7]

У табели 5.1 приказани су подаци о броју регистрованих хибридних возила у временском периоду од 2007. до 2011 године, као и процентуално учешће у глобалним регистрацијама хибридних возила. Ове податке је дала IEA (International Energy Agency) и односе се на земље, где су возила на хибридни погон у већој мери заступљена (Јапан, САД, Канада, Холандија, В. Британија, Француска и Немачка).

Табела 5.1 – Највећа светска тржишта хибридних путничких возила у периоду од 2007. до 2011. године [7]

Држава	Број регистров. ХЕВ у 2007.	Проценат регистров. ХЕВ у 2007.	Број регистров. ХЕВ у 2008.	Проценат регистров. ХЕВ у 2008.	Број регистров. ХЕВ у 2009.	Проценат регистров. ХЕВ у 2008.	Број регистров. ХЕВ у 2010.	Број регистров. ХЕВ у 2011.
Јапан	69.015	13.8%	94.259	18.4%	334.00	45.1%	-	-
САД	352.274	70.4%	312.386	61.0%	290.271	39.2%	274.210	268.752
Канада	14.828	3.0%	19.963	3.9%	16.167	2.2%	-	-
Холандија	-	-	11.814	2.3%	16.000	2.2%	-	-
В. Британија	15.971	3.2%	15.385	3.0%	14.645	2.0%	22.127	23.370
Француска	7.268	1.4%	9.137	1.8%	9.399	1.3%	9.443	13.340
Немачка	7.591	1.5%	6.464	1.2%	8.374	1.1%	10.661	12.622
Свет	500.405		511.758		740.000		-	-

Развој хибридног возила (катеорије М1), као и у случају других комплексних производа, обухвата низ активности: почев од анализе тржишта и прикупљања идеја, утврђивања пројектног задатка и развоја, систематизације сопствених искустава и добијених информација из експлоатације, па све до завршетка радног века возила у експлоатацији. Поред наведеног, произвођач је дужан да задовољи и бројне стандарде, законске прописе и обавезне хомологацијске норме већине система на возилу, а посебно оних који утичу на активну безбедност саобраћаја и заштиту корисника и околине. Неопходно је да се обезбеди испуњење захтева из серије стандарда о квалитету ISO 9001 и др.

За израду оптималног пута до тржишта треба:

- знати тренутну позицију и стратегију предузећа и имати отворено тржиште,
- познавати све сегменте купаца и њихове специфичности,
- знати расположиве канале продаје и дистрибуције, те њихове специфичности,
- имати увид у будуће трендове на тржишту,
- предности/различитости у односу на друге произвођаче возила.

Из предходно наведених услова, као почетно тржиште, погодно за пласман новог модела хибридног, јесу европске земље, земље у окружењу (регион), укључујући и Србију, где је пожељно понудити одређене погодности при куповини. Следећа фаза пласмана и продаје возила обухватала би извоз у САД, јер као земља са највише хибридних возила представља посебно интересантно тржиште, гледано из економске перспективе и животног стандарда. Шанса постоји и у извозу возила на тржиште Руске Федерације, као једна од већих земаља, њено тржиште је посебно интересантно, имајући у виду да постоји споразум о слободној безцаринској трговини између Србије и Руске Федерације.

Да би се возило извезло у ЕУ, неопходно је поседовање сертификата HACCP и ISSO, као и усклађеност са ЕЦЕ законском регулативом, уз неопходно испуњење EURO стандарда. За извоз у Руску Федерацију потребан је и сертификат GOST – R, сертификат који потврђује квалитет производа, а поступак његовог добијања није једноставан.

6. Усвајање верзије возила, која уз мање измене треба да прати основни модел, димензионисање возила и путничког простора

За концепцију градње која треба бити основа при пројектовању новог модела хибридног возила, углавном се користе модели последње генерације, а на основу којих ће даље бити урађен идејни пројекат. На основу предходно наведених модела хибридних возила водећих светских и европских произвођача, као и захтеве домаћег и иностраног тржишта, модел новог возила треба да има следеће карактеристике (табела 6.1).

Табела 6.1 – Жељене карактеристике основних склопова и елемената хибридног возила	
Категорија М1:	Путничко возило категорије М имају највише 8 седишта, не рачунајући седиште возача.
Класификација аутомобила према SRPS M.NO.010:	Лимузина – Затворени путнички аутомобил са 2 или 4 бочних врата и са или без задњих додатних врата; са 4 или више седишта у најмање 2 реда; вађењем или преклапањем задњих седишта ослобађа се површина за смештај ствари; са 4 или више бочних прозора и чврстим кровом чији се један део може отворити.
Класа:	С – нижа срења класа (lower - medium): - запремина мотора од 1300 до 2000 cm³, - дужина салона верзије не прелази 4230 mm
Концепција:	Мотор смештен напред, што омогућа бољу сатабилност и биљу расподелу тежине, бољи приступ мотору за сервисирање, краћи пут до погонских точкова, могуће је веће осно растојање, а тиме и већи конфор, повећање пртљажног простора и др.
Мотор:	Бензински (ОТО) мотор, који задовољава ЕУРО 5 и ЕУРО 6 стандард. Радне запремине до 2000 cm ³ и снаге од 70 до 90 kW.
Мењач:	Мануелни мењач са аутоматском променом степена преноса – континуални преносник.
Спојница:	Спојница унифицирана са мењачким преносником.
Управљач:	Серво управљач.
Кочнице:	Диск на свим точковима са ABS – ом.
Ослањање:	Напред – Mc Pherson, Позади – Multilink
Наплатци и пнеуматичи:	4 точка са радијалним пнеуматичима.
Конфор:	Клима уређај, седишта обложена са квалитетним штофом или кожом, испуњени сви ергономски услови и др. Неопходна опрема: апарат за гашење пожара, кутија за прву помоћ.

6.1. Димензионисање возила

Из предходно извршених анализа, произилази закључак да облик и основне димензије, за унапред утврђену класу и категорију аутомобила представља компромисно решење више фактора као што су: возач и путници (седиште, видљивост, удобност и др.), производне могућности, конкурентна возила и перспективни развој, захтеви аеродинамике, законске одредбе, погодност за техничко опслуживање и оправке. Због тога се, у пракси, код аутомобила ниже и средње класе користи концепција мотор напред, погон напред. [1]

Све класе путничких аутомобила окарактерисане су одређеним параметарима, као нпр.: габарити – димензије, број седишта, конфор и удобност, динамичке карактеристике и перформансе, економичност потрошње горива, поузданост, безбедност и сл.

У нарочито мале путничке аутомобиле прве групе спадају они чија је дужина 3.2 – 3.5 m, ширина 1.4 – 1.5 m. Они имају четири места за путнике (и возача), малу потрошњу горива и, најчешће, дво – и троцилиндричне моторе. Нарочито мали путнички аутомобили друге групе имају дужину 3.5 – 3.8 m ширину 1.5 – 1.6 m са местом и за петог путника. Код њих примену налазе тро – и четвороцилиндрични мотори. Најширу примену налазе мали аутомобили, они имају добре возне особине и повољне перформансе. Деле се три групе: прва група има дужину 3.9 – 4.2 m и ширину 1.62 – 1.66 m, друга група има дужину 4.0 – 4.3 m и ширину 1.64 – 1.69 m, а трећа група дужину 4.2 – 4.5 m и ширину 1.69 – 1.71 m. Код њих се, по правилу, користе четвороцилиндрични мотори. [1]

Аутомобили средње класе имају виши ниво удобности, добре динамичке карактеристике и перформансе и већу поузданост. Дужина ових аутомобила је 4.6 – 4.9 m а ширина 1.74 – 1.81 m. Користе се четворо –, пето –, шесто – и осмоцилиндрични мотори. [1]

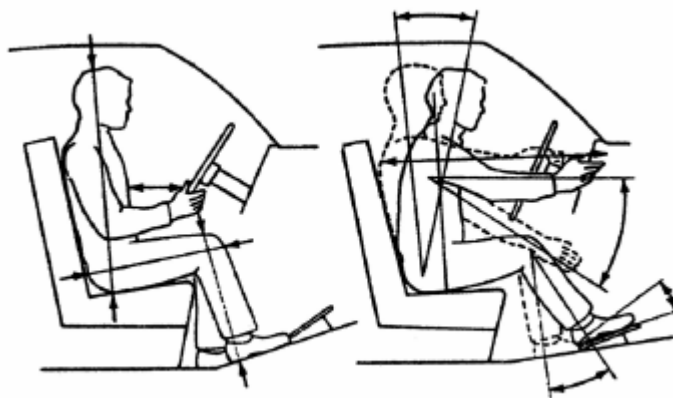
Аутомобили више и високе класе су, обично, резултат појединачне производње, а одликују се високом удобношћу, високим перформансама и динамичким карактеристикама, високом безбедношћу, али малом економичности, тј. великом потрошњом горива. На шасијама аутомобила често се врши надградња, да би се омогућио превоз терета, при чему им је површина повећана, а задња седишта се обарају. Аутомобили се деле и према броју специјалних одсека које има каросерија, и то: једно дво – и трозапреминске. Трозапреминска каросерија има одвојене делове за мотор, путнике и пртљаг, а код двозапреминских, делови за пртљаг и путнике нису одвојени. [1]

- Идејни пројекат новог модела хибридног возила (категорије M1), биће урађен на основу већ постојећи модела других произвођача. Технички цртеж са конкретним димензијама аутомобла, биће приказан након што се изврши усвајање конкретних агрегата (мотор СУС, електромотор, мењачки преносник, спојница, управљачки механизам, систем ослањања и точкови – наплатци и пнеуматици) Цртеж идејног пројекта треба да прати жељене карактеристике (категорија, класа, концепција и др.), из табеле 6.1.

6.2. Димензионисање путничког простора

Како би се дефинисали параметара каросерије (дужина, ширина и висина), неопходно је одредити димензије путничког простора. Да би се извршило пројектовање унутрашњих димензија каросерије аутомобила и ергосфере возача, тј. радно место возача, полази се од антропометријских података популације непосредних корисника (мушкараца и жена) којима је аутомобил претежно намењен.

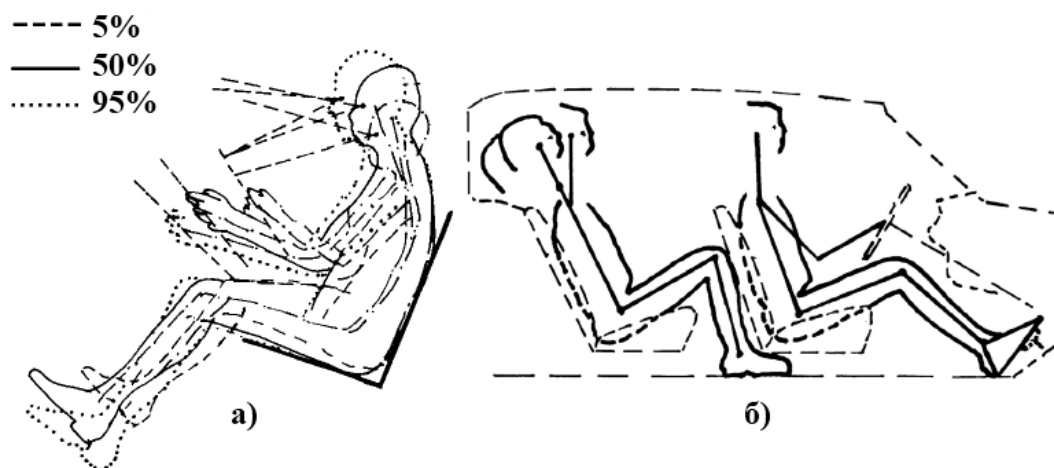
У току реализације управљачких активности, возач мора да помера своје екстремитете, као и само тело, што намеће потребу за обезбеђењем одговарајућег – додатног – простора за удобно држање тела како при седењу, тако и при биомеханичким активностима које произилазе из руковања ручним и ножним командама, односно пријема потребних информација из окружења од интереса за управљање аутомобилом. Ради илустрације, на слици 6.1. приказана је разлика између „статичке“ и „динамичке“ антропометрије, при димензионисању радног места возача. Потребно је истаћи, да за разлику од „статичких“ антропометријских података, код „динамичких“ долази до изражаја међусобно померање делова тела, у циљу обављања функције возача. Прецизније речено, статички приступ ставља у фокус антропометријске мере у односу на околину, а динамички тежи да у фокус стави биомеханичке активности возача у аутомобилу. [1]



Слика 6.1 – Илустрација „статичке“ и „динамичке“ антропометрије у аутомобилу [1]

На основу искуства у почетној фази пројектовања аутомобила сасвим довољно посматрати статичке антропометријске величине. Морфолошка грађа човека зависи од расе, пола, година живота, поднебља, личног стандарда и сл. Обзиром да аутомобил представља производ широке намене, са тог аспекта његове габаритне димензије треба прилагодити што већем броју потенцијалних корисника. Истраживања су показала да није целисходно путнички простор димензионисати према најнижем, односно, највишем човеку, јер би то са економског аспекта било неоправдано, па је уобичајено да се обухвати интервал 5% до 95% - не популације. Утицај морфолошке грађе возача на могућност приступа командама илустрован је шематски приказом на слици 6.2 (а). [1]

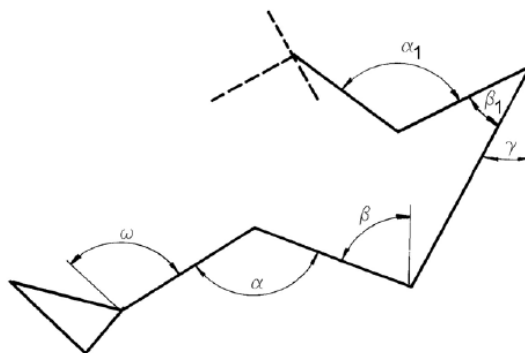
Како су антропометријски подаци за жене и мушкарце различити (димензије делова женског тела мање), оправдано је да се максималне димензије дефинишу према 95% популације мушкараца, а минималне према 5% популације жена. Оправдано је да се габарити предњег дела путничког простора дефинишу према потребама возача, а задњег према путницима, што је илустровано на слици 6.2 (б). [1]



Слика 6.2 – (а) – шематски приказ возача различитих димензија у радном положају;
(б) шематски приказ смештаја возача и путника у аутомобилу [1]

Оцењује се целисходним да се, у недостатку општеприхваћених података, у овој фази пројектовања аутомобила, као полазни, усвоје углови које прописује DIN 33408. Анализе су показале да се положај возача, може упрошћено моделовати системом зглобно повезаних штапова, са које је очигледно да се просторни положај возача може дефинисати анатомским угловима седења, који су ради илустрације, приказани на слици 6.3. [1]

Углови из табеле 6.2 се односе на статичко стање (када возач не управља возилом), док се неки од њих мењају у току вожње (нпр. када се стопало налази у пасивном или активном положају педале гаса, кочнице или спојнице). Усвојили смо податке (углове) из табеле 6.4 по DIN 33408 антропометријским величинама за седење.



Слика 6.3 – Анатомски углови седења возача [1]

Табела 6.2 – Величине углова седења са слике 5.9 у [°] [1]

	α	β	γ	ω	α_1	β_1
Rodionov	80 ÷ 170	60 ÷ 110	20 ÷ 30	75 ÷ 150	-	-
Wisner	95 ÷ 120	85 ÷ 110	15 ÷ 25	85 ÷ 95	80 ÷ 110	15 ÷ 35
Rebiffe	95 ÷ 135	95 ÷ 120	20 ÷ 30	95 ÷ 110	80 ÷ 120	20 ÷ 30
DIN 33408	125	77	22	90	120	38
Demić i dr.	130	70	20	75	80	0

Табела 6.3 – Усвојени углови седења [°] [1]

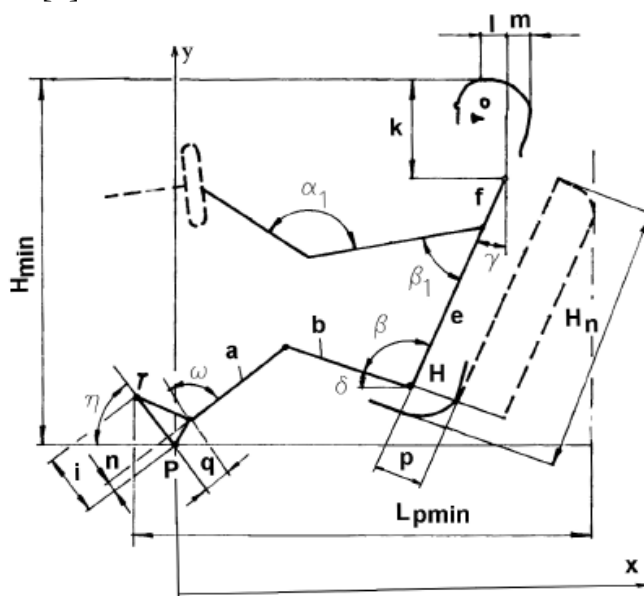
	α	β	γ	ω	α_1	β_1
DIN 33408	125	77	22	90	120	38

При испитивању показало се да за пројектовање путничких возила сасвим довољно познавати антропометријских величина човека у стојећем и седећем ставу, чије ће вредности бити приказане табели 6.4 . [1]

Табела 6.4 – Антропометријске величине човека у cm, маса у kg [1]

Антропометријске величине појединих делова тела код човека	Мушкарци			Жене		
	5%	50%	95%	5%	50%	95%
VS (висина у стојећем ставу)	161.8	173.6	185	149.5	160.5	171.3
SVN (седећа висина у нормалном положају)	72.6	78.6	84.4	67.5	73.3	78.5
SVU (седећа висина у усправном положају)	84.2	90.6	96.7	78.6	85	90.7
VK (висина колена)	49.3	54.3	59.3	45.2	49.8	54.5
DP (дужина потколенице)	39.2	44.2	48.8	35.5	39.8	44.3
VL (висина лакта у седећем положају)	19	24.3	29.4	18.1	23.3	28.1
VO (висина ока)	151.1	162.4	172.7	138.3	148.9	159.3
VK (висина рамена)	132.3	142.8	152.4	121.1	131.1	141.9
VN (висина надколенице)	11.4	14.4	17.7	10.6	13.7	17.5
UDN (унутрашња дужина надколенице)	44	49.5	55	43.2	48	53.3
SDN (спољшња дужина надколенице)	54	59.4	64.2	51.8	56.9	62.5
ŠL (ширина лакта)	35	41.7	50.6	31.5	38.4	49.1
ŠR (ширина рамена)	39	42.5	44	37	39	40
ŠSP (ширина седалног предела)	31	35.6	40	31.2	36.3	43.4
DG (дебљина груди)	21.4	24.2	27.6	21.4	24.2	29.7
MT (маса тела)	57.2	75.3	98.5	46.2	62.2	90.2

Положај тачке Р са аспекта приступа ножним командама се усваја независно од антропометријских података, јер сви возачи морају имати оптималан дохват стопала до ножних команди. Ради дефинисања габарита предњег дела путничког простора, посматраће се слика 6.4. [1]



Слика 6.4 – Модел за димензионисање ергосфере радног места возача [1]

Формула за израчунавање дужине радног места возача: [1]

$$L_{pmin} = (i - n) \cdot \cos(\eta) + q \cdot \sin(\eta) + a \cdot \cos(180 - \eta - \omega) + (b + p) \cdot \cos(\delta) + H_n \cdot \sin(\gamma) + k_1 + k_2 + k_3$$

Формула за израчунавање висине радног места возача: [1]

$$H_{min} = (i - n) \cdot \sin(\eta) + q \cdot \cos(\eta) + a \cdot \sin(180 - \eta - \omega) + b \cdot \sin(\delta) + (e + f) \cdot \cos(\gamma) + k_4 + k_5$$

где су :

i, q, b, a, n, p – антропометријски подаци 95% мушке популације,

$\eta, \gamma, \omega, \delta$ – усвојени анатомски углови седења возача,

k_1 – додатак за одећу, (око 20 mm),

k_2 – додатак за обућу, (20 ÷ 30 mm),

k_3 – додатак за дебљину наслона седишта (око 50 mm),

H_n – висина наслона седишта (у тесној вези са висином лопатица или рамена – препоручује се да буде једнака висини тачке ока за 95% мушке популације),

k_4 – додатак за одећу, (око 20 mm),

k_5 – додатак за слободан простор (коса, шешир и сл., око 100 mm).

Формула за израчунавање ширине седишта: [1]

$$S_1 = SR + K_1$$

где су:

K_1 – додатак који износи око 200 mm,

SR – ширина рамена за 95% популације.

Очигледно је да овако постављена седишта значајно утичу на укупну дужину каросерије и радног места возача, а тиме и димензија возила, па се у циљу повећања коефицијента искоришћења габарита, седишта код савремених возила постављају у што отпималнијим димензијама.

На основу угла β усвајамо угао $\delta = 90 - 77 = 13^\circ$,
а за угао η усваја се вредност $\eta = 180 - 90 - (180 - \alpha - \delta) = 48^\circ$

На основу података о висини 95% мушке популације која износи $H = 1850 \text{ mm}$ и на основу карактеристичних односа дужина тела човека приказаних на слици 6.4, можемо одредити величине q , b , a , потребне за израчунавање димензија радног места возача. Висину H_n , може се израчунати помоћу односа величина тела човека са слике 6.4. [1]

$$\begin{aligned} a &= 1850 \cdot 0.246 = 455.1 \text{ mm} \\ b &= 1850 \cdot 0.245 = 453.25 \text{ mm} \\ q &= 1850 \cdot 0.039 = 72.15 \text{ mm} \\ e + f &= 1850 \cdot 0.018 - b - a - q = 532.8 \text{ mm} \\ H_n &= 1850 \cdot 0.018 - b - a = 604.95 \text{ mm} \end{aligned}$$

На основу величине q усвајамо величине за i и n : [1]

$$\begin{aligned} n &= \tan 20^\circ \cdot q = 26.26 \text{ mm} \\ i - n &= \tan 70^\circ \cdot q \Rightarrow i = \tan 70^\circ \cdot 72.15 + 26.26 = 224.5 \text{ mm} \\ x = H_n &\cdot \sin(\gamma) = 604.96 \cdot \sin(22) = 226.62 \text{ mm} \end{aligned}$$

Минимална дужина радног места возача: [1]

$$Lp_{min} = (224.5 - 26.26)\cos(48) + 72.15\sin(48) + 455.1\cos(180 - 48 - 90) + (453.25 + 200)\cos(13) + 226.62\sin(22) + 20 + 20 + 50 = 1335.87 \text{ mm}$$

Минимална висина радног места возача у седећем положају: [1]

$$H_{min} = (224.5 - 26.26)\sin(48) + 72.15\cos(48) + 455.1\sin(180 - 25 - 90) + 453.25\sin(13) + 532.8\cos(22) + 20 + 100 = 1324.02 \text{ mm}$$

Како већ напоменуто, са аспекта оптималног управљања аутомобилом, седиште возача треба да омогући подешавање по дужини и висини. Потребне вредности подешавања се могу израчунати из услова да тачка Р и тачка ока остану у истом положају, тј да тачка ока увек буде на нормалној линији вида. У том случају би се морала узети у обзир промена анатомских углова седења. Међутим, у овој фази пројектовања, може се поступити и на други начин. Наиме, потребна подешавања седишта у вертикалној равни се израчунавају уз коришћење израза: [1]

- по подужној оси:

$$\Delta_x = SDN_{95}^M - SDN_5^Z + VK_{95}^M - VK_5^Z \Rightarrow \Delta_x = 642 - 518 + 593 + 452 = 265 \text{ mm}$$

где су:

SDN_{95}^M – спољашња дужина надколенице за 95% популације мушкараца,

SDN_5^Z – спољашња дужина надколенице за 5% популације жена,

VK_{95}^M – висина колена за 95% популације мушкараца,

VK_5^Z – висина колена за 5% популације жена.

- по вертикалној оси:

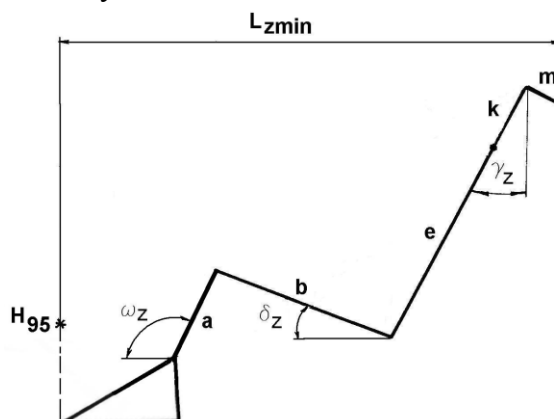
$$\Delta_y = VO_{95}^M - VO_5^Z \Rightarrow \Delta_y = 1727 - 1383 = 344 \text{ mm}$$

где су:

VO_{95}^M – висина ока за 95% популације мушкараца,

VO_5^Z – висина ока за 5% популације жена

Ради израчунавања потребне дужине простора за смештај путника на задњем седишту, прорачун ће се вршити на основу слике 6.5.



Слика 6.5 – Модел путника на задњем седишту [1]

Имајући у виду слике 6.4 и 6.4, а уз претпоставку да се врх стопала путника на задњем седишту налази у истој вертикали са тачком Н возача, може се написати израз за минималну дужину простора за путнике на задњем седишту: [1]

$$Lz_{min} = (i - n) + a \cdot \cos(180 - \omega_z) + b \cdot \cos(\delta_z) + (e + k) \cdot \sin(\gamma_z) + m \cdot \cos(\gamma_z) + k_6 + k_7 + k_8$$

где су:

i, k, b, a, m – антропометријски подаци 95% мушке популације,

$\gamma_z, \omega_z, \delta_z$ – усвојени анатомски углови седења путника на задњем седишту,

k_6 – додатак за одећу, (око 20 mm),

k_7 – додатак за обућу, (20 ÷ 30 mm),

k_8 – додатак за растојање колена путника од задње ивице предњег седишта (око 100 mm).

На основу слике 6.5 можемо одредити величине q , b , a , потребне за израчунавање димензија радног места возача, а уз помоћ величине q усвајамо величине за i и n : [1]

$$\begin{aligned} a &= 1850 \cdot 0.246 = \mathbf{455.1 \text{ mm}} \\ b &= 1850 \cdot 0.245 = \mathbf{453.25 \text{ mm}} \\ q &= 1850 \cdot 0.039 = \mathbf{72.15 \text{ mm}} \\ e + k &= 1850 \cdot 0.018 - b - a - q = \mathbf{532.8 \text{ mm}} \\ n &= \operatorname{tg} 20^\circ \cdot q = \mathbf{26.26 \text{ mm}} \\ i - n &= \operatorname{tg} 70^\circ \cdot q \Rightarrow i = \operatorname{tg} 70^\circ \cdot 72.15 + 26.26 = \mathbf{224.5 \text{ mm}} \end{aligned}$$

$$Lz_{min} = (224.5 - 26.26) + 455.1 \cdot \cos(180 - 90) + 453.25 \cdot \cos(13) + 532.8 \cdot \sin(22) + 100 \cdot \cos(22) + 20 + 20 + 50 = \mathbf{1022.18 \text{ mm}}$$

Минимална дужина простора за путнике се добија сабирањем $Lp_{min} + Lz_{min}$: [1]

$$Lp_{min} + Lz_{min} = 1335.87 + 1022.18 = \mathbf{2358.05 \text{ mm}}$$

Да би смо дефинисали ширину каросерије, неопходно је израчунати димензије предњих и задњих седишта: [1]

- **предња седишта:**

а) ширина седалног предела и наслона

$$\check{SPS} = \check{SP}_{95}^M + k_{12} \Rightarrow \check{SPS} = 400 + 20 = \mathbf{420 \text{ mm}}$$

где су:

$\check{SP}_{95}^M$ – ширина седалног предела за 95% популације мушкараца,

k_{10} – додатак за одећу (око 20 mm).

б) дужина седалног предела

$$DS = UDN_{95}^M + k_{11} \Rightarrow DS = 550 + 20 = \mathbf{570 \text{ mm}}$$

где су:

UDN_{95}^M – унутрашња дужина натколенице за 95% популације мушкараца,

k_{11} – додатак за одећу (око 20mm).

ц) висина наслона предњих и задњих седишта

$$VS = VO_{95}^M \Rightarrow VS = \mathbf{1175 \text{ mm}}$$

где је VO_{95}^M – висина тачке ока за 95% популације мушкараца у седећем положају, усвојена вредност од 1175 mm.

д) ширина задњег седишта

$$\check{S}ZS = n \cdot (\check{S}R_{95}^M + k_{10}) \Rightarrow \check{S}ZS = 3 \cdot 462.5 + 20 = \mathbf{1380 \text{ mm}}$$

где су:

$\check{S}R_{95}^M$ – ширина рамена за 95% популације мушкараца,

k_{11} – додатак за одећу (око 20 mm),

n – број предвиђених путника на задњем седишту.

Ширина путничког простора ће бити дефинисана према предњим и задњем седишту, на нивоу Н тачака (слика 6.6): [1]

а) предњи део:

$$b_{pmin} = 2 \cdot (\check{S}PS + a) + b \Rightarrow b_{pmin} = 2 \cdot (420 + 130) + 250 = \mathbf{1350 \text{ mm}}$$

где су:

$\check{S}PS$ – ширина предњег седишта,

a – додатак од око 100 ÷ 150 mm,

b – додатак од око 200 ÷ 300 mm.

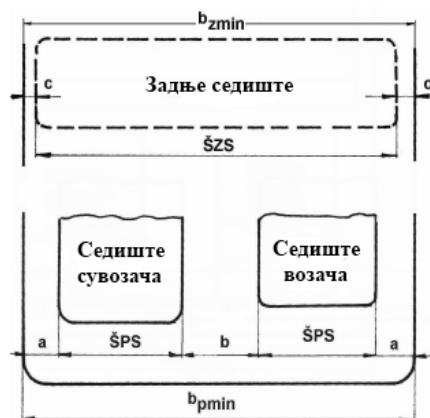
б) задњи део:

$$b_{zmin} = \check{S}ZS + 2 \cdot c \Rightarrow b_{zmin} = 1380 + 2 \cdot 100 = \mathbf{1580 \text{ mm}}$$

где су:

$\check{S}ZS$ – ширина задњег седишта,

c – додатак од око 100 ÷ 150 mm.



Слика 6.7 – Шема за дефинисање ширине аутомобила [1]

7. Избор концепције возила и усвајање конкретних агрегата (мотор, мењач, спојница, систем за управљање, систем еластичног ослањања, точкови)

Пројектовање аутомобила почиње израдом пројектног задатка, који представља полазни документ за израду идејног и главног пројекта. На израду пројектног задатка утичу многобројни фактори који проистичу из захтева тржишта, постојеће и перспективне законске регулативе, безбедности саобраћаја, достигнутог нивоа развоја науке, технике и технологије, производних могућности, резултата испитивања сопствених и конкурентских аутомобила, теоријских истраживања и сл. [1]

Решења која се дају у идејном пројекту заснивају се на прорачунима, резултатима испитивања, статистичким анализама, теоријским истраживањима и информацијама о трендовима развоја сличних аутомобила у свету. За одређивање габарита, дефинисање шеме погона и вршење претходних анализа маса, неопходно је познавати оријентационе вредности габарита и уградних мера појединих агрегата као што су мотори (мотор СУС + електромотор), спојница, мењач, предњи и погонски мост, каросерија, резервоар за гориво, батерија точкови, седишта, потребна запремина пртљажног простора, и тд. [1]

У фази израде идејног пројекта аутомобила решавају се задаци избора најповољније концепције аутомобила размештаја погонских агрегата и њихов изор, у зависности од постављеног пројектног задатка и жељених карактеристика за нов модел возила на хибридни погон.

7.1. Избор концепције возила (категорије M1) на хибридни погон

Концепција возила на хибридни погон (категорије M1), пре свега се односи на конструктивно извођење са аспекта положаја и врсте коришћених погонских агрегата, трнсмисије (шеме погона).

Узимајући у обзир анализу модела реномираних светских и европских произвођача аутомобила, концепција новог хибридног аутомобила биће решена на следећи начин:

Шема погона:

- погонски агрегати напред (мотор СУС + електромотор) – погонски мост напред

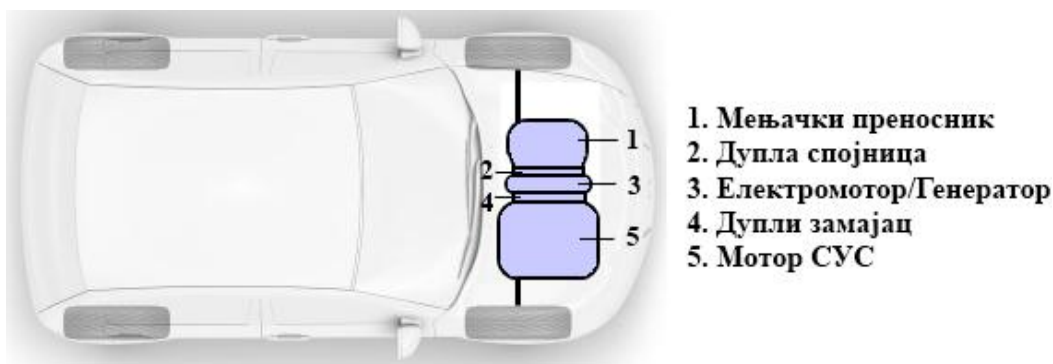
Структура погонске групе:

- паралелни хибридни погон

Аутономност електричног погона:

- потпуни хибрид (full hybrid)

Погонска група (мотор СУС + електромотор) смештена напред (предњи погон), биће постављена попречно у односу на подужну осу возила, што је илустровано шемом на слици 7.1. Оваква концепција има добре карактеристике при праволинијској вожњи, држању правца и уласку у кривину. Утицај концепције аутомобила на величину пртљажног простора је у овом случају најповољнији, а омогућава се и једноставније постављање батерије на задњем делу возила.



Слика 7.1 - Изабрана концепција хибридног возила (катеорије М1), са смештеном погонском групом (мотор СУС + електромотор) напред и погоном на предњим точковима

7.2. Избор погонског агрегата (мотора СУС)

Избор погонског агрегата (мотора СУС) и дефинисање концепције његове уградње је јако битан корак у пројектовању хибридног аутомобила. Мотор се увек бира од реномираног произвођача који има мрежу овлашћених сервиса како у нашој земљи тако и у онима у којима желимо да пласирамо ново – произведено возило. На основу очекиваних карактеристика врши се избор мотора. Јако је важно да мотори имају што бољи однос снаге и потрошње горива, а битно да имају велико убрзање.

У данашњим хибридним аутомобилима као погонски мотори користе се најчешће бензински (ОТО) мотори, а ређе дизел мотори, због оштрих законских регулатива данас се интензивно ради на примени различитих врста електропогона.

Данашње моторе СУС карактерише поузданост и релативно једноставна конструкција, ма да се због изузетно захтевне законске регулативе, њихова конструкција је све сложенија. Мотори СУС одликују се следећим карактеристикама: дуг рани век, ниски трошкови одржавања, висока рентабилност, компактна конструкција и висока радна ефикасност.

Мотор СУС се углавном бира на основу прорачуна, као и на основу искуства са сличним моделима возила. Набављају се од коопераната из иностранства (домаћи произвођачи мотора непостоје), Немачке, Шведске, Француске, САД и других земаља. Скоро сви произвођачи имају своје дистрибутивне центре у Србији или у неком од земаља Европе.

За пројектовано возило бирамо бензински (ОТО) мотор Mercedes – Benz M 270 DE 16 AL, као прву опцију, радне запремине 1.6 cm^3 , а као друга опција изабран је дизел мотор Mercedes – Benz OM 651 DE 18 LA, радне запремине 1.8 cm^3 , у табели 7.1 дате су техничке карактеристике изабраних мотора, а на слици 7.2. приказани су изабрани мотори.

Табела 7.1 – Мотори који долазеу оптицај за ново хибридно возило (категорије М1) [36]

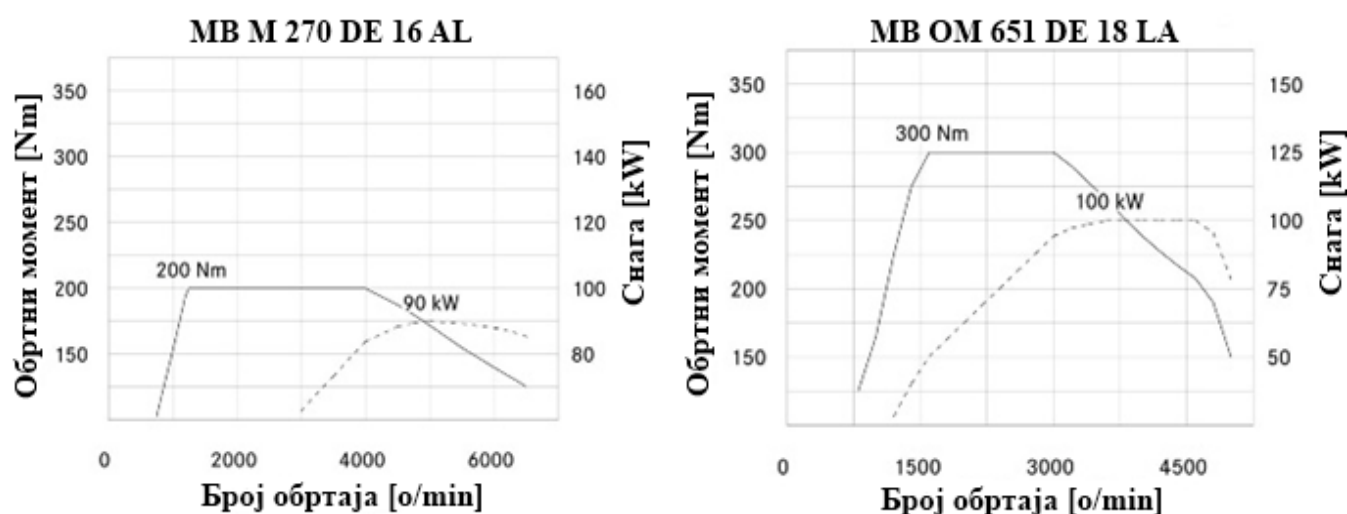
	Опција 1	Опција 2
Мотор:	<i>MB M 270 DE 16 AL (Euro 6)</i>	<i>MB OM 651 DE 18 LA (Euro 5)</i>
Број цилиндара/ Распоред:	<i>4 / редни</i>	<i>4 / редни</i>
Положај:	<i>Хоризонталан – попречно</i>	<i>Хоризонталан – попречно</i>
Радна запремина:	<i>1595 cm^3</i>	<i>1796 cm^3</i>
Снага и бр. обртаја:	<i>$90 \text{ kW} / 5000 \text{ o/min}$</i>	<i>$100 \text{ kW} / 4400 \text{ o/min}$</i>
Макс. Обрт. Момент:	<i>$200 \text{ Nm} / 1250 \div 4000 \text{ o/min}$</i>	<i>$300 \text{ Nm} / 1600 \div 3000 \text{ o/min}$</i>
Пречник/ход клипа:	<i>$83 \times 73.7 \text{ mm}$</i>	<i>$83 \times 83 \text{ mm}$</i>
Степен компресије:	<i>$10.3:1$</i>	<i>$16.2:1$</i>
Систем напајања горивом:	<i>DOHC – два брегаста вратила, 4 вентила по цилиндру (укупно 16); Електронска контрола убризгавања – директно убризгавање бензина</i>	<i>DOHC – два брегаста вратила, 4 вентила по цилиндру (укупно 16); Електронска контрола убризгавања „Common rail“ (заједничка шина) – директно убризгавање дизел горива</i>
Хлађење:	<i>Вода – расхладна течност</i>	<i>Вода – расхладна течност</i>
Маса:	<i>137 kg</i>	<i>-</i>
Уградња:	<i>Напред – предњи погон</i>	<i>Напред – предњи погон</i>



Слика 7.2 – Лево – бензински (ОТО) мотор Mercedes – Benz M 270 DE 16 AL; Десно – дизел мотор Mercedes – Benz OM 651 DE 18 LA [37]

Четвороцилиндрични бензински мотор (М 270) представља нову серију мерцедесових мотора, која је почела да се производи 2011 године. Процес сагоревања се заснива на трећој генерацији Mercedes – Benz система директног убризгавања, који је уведен годину дана раније код V6 и V8 мотора. Конструисани су тако да се могу постављати попречно (погон напред) и уздужно (погон позади) у односу на подужну осу возила. Притисак у систему убризгавања достиже до 200 bar, новоразвијене пиезо – електричне брызгалке омогућавају прецизно дозирање горива, зависно од режима рада мотора, уз оптимизовано формирање смеше, док више варница за паљење помаже да се обезбеди поуздано сагоревање смеше. На брзинама од преко 60 km/h, мотор СУС покреће возило заједно са електромотором („паралелне мод“), генерисана снага се преноси на на предњу осовину. Сваки вишак снаге се користи за пуњење батерије и за покретање помоћних јединица.

Дизел мотор са директним убризгавањем познат као MB OM 651 представљен је 2008, а поставио је нови стандарда у погледу перформанси и карактеристика обртног момента, економичности, емисија и поузданости. У широкој употреби је више од било ког другог Mercedes – Benz дизел мотора, служи као модел за попречне инсталације и погон на предњим точковима, покретање помоћних јединица и остале опреме. Притисак паљења у цилиндру од око 200 bar, омогућава високу специфичну излазну снагу. Систем хибридног погона најновије генерације омогућава заједнички рад дизел мотора и електромотора („паралелни мод“), где је погонски систем одвојен. Овај хибридни погон је први пут је примењен код возила високе класе, а могуће га је применити код возила средње класе. На слици 7.3 приказани су дијаграми момента и снаге за моторе MB M 270 DE 16 AL (лево) и MB OM 651 DE 18 LA (десно).



Слика 7.3 – Лево – дијаграм момента и снаге у зависности од броја обртаја за бензински (ОТО) мотор MB M 270 DE 16 AL; Десно – дијаграм момента и снаге у зависности од броја обртаја за дизел мотор MB OM 651 DE 18 LA [37]

7.3. Избор мењачког преносника

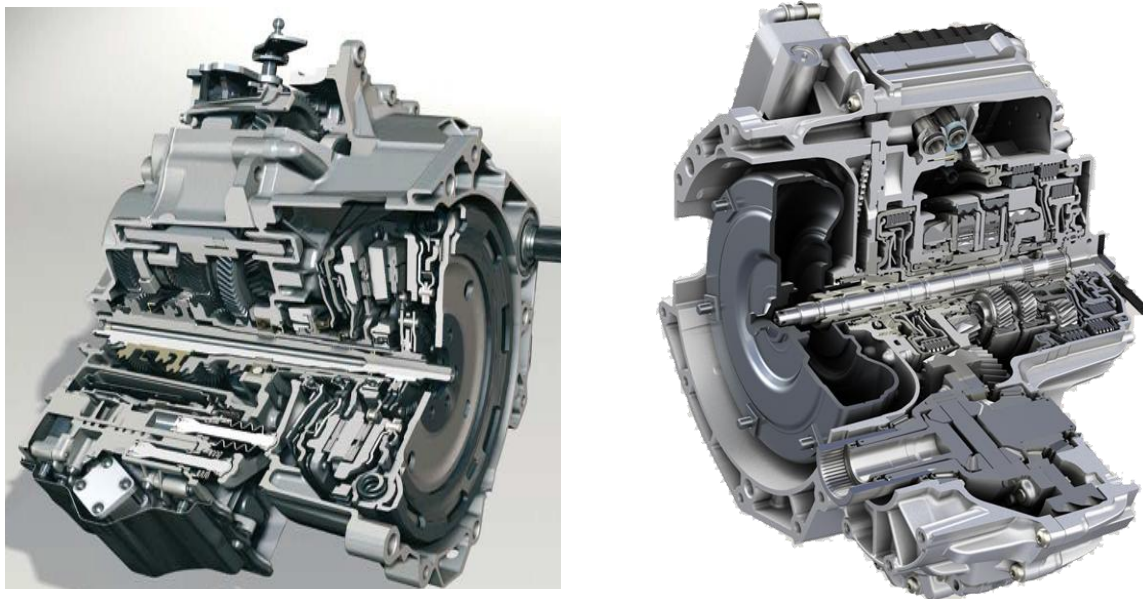
Мењачки преносник такође бирамо од иностраних реномираних фирми, обично од једног провереног произвођача, нпр. Mercedes – Benz, VW, ZF, Volvo, Aisin, и др. Уколико се опредељујемо за аутоматски мењач, као нпр. још једну опцију за возило које се производи, можемо изабрати неку од ових фирми, које у својој понуди имају више модела.

Мењач или мењачки преносник је елемент система за пренос снаге моторних возила, којим се врши прилагођавање параметара снаге (обртног момента и броја обртаја мотора) тренутним условима кретања возила, тј. условима пута. Широку примену код хибридних аутомобила налазе CVT и аутоматски хидродинамички мењачи. У последње време све чешће се користе аутоматизовани мењачи (али не у свим степенима преноса) – континуални преносници, због потребе честе промене степена преноса и кочења. Сви мењачи су сличне конструкције и начина функционисања.

Бирамо две верзије мењачког преносника, реномираних произвођача Volkswagen и ZF, оба су са аутоматском променом степена преноса. У табелама 7.2 и 7.3 дате су њихове карактеристике, а на слици 7.4 приказани су изабрани мењачки преносници.

Табела 7.2 – Изабрани мењачки преносници [39] [40]		
Произвођач :	Опција 1	Опција 2
	Volkswagen	ZF
Тип:	VW 7 DCG DQ 200	ZF 9HP 48
Начин промене степена преноса:	Аутоматски/Мануелни	Аутоматски
Број степени преноса:	7 – степени	9 – степени
Уградња и погон:	Напред – предњи	Напред – предњи
Мах. преносиви момент:	250 Nm	Бензински (ОТО): 480 Nm Дизел: 450 Nm
Мах. број обртаја мотора за који је мењач предвиђен:	6500 o/min	6500 o/min
Маса мењача:	77 kg	86 kg
Спојница:	Дупла – мокра	По две дупле на улазном и излазном вратилу – мокре
Начин подмазивања:	Уљна пумпа	Уљна пумпа

Табела 7.3 - Преносни односи мењача [39]												
Mercedes – Benz 7G DCT	Степен преноса	i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_V	i_{VI}	i_{VII}	i_{VIII}	i_{IX}	i_R	i_0
	Преносни однос	3.50	2.09	1.34	0.93	0.97	0.78	0.65	-	-	3.10	4.44
ZF 9HP	Степен преноса	i_I	i_{II}	i_{III}	i_{IV}	i_V	i_{VI}	i_{VII}	i_{VIII}	i_{IX}	i_R	i_0
	Преносни однос	4.70	2.84	1.90	1.39	1.00	0.80	0.70	0.58	0.48	3.80	4.13



Слика 7.4 – Лево – мењачки преносник VW 7 DGT DQ 200; Десно – мењачки преносник ZF 9HP 48 [38] [40]

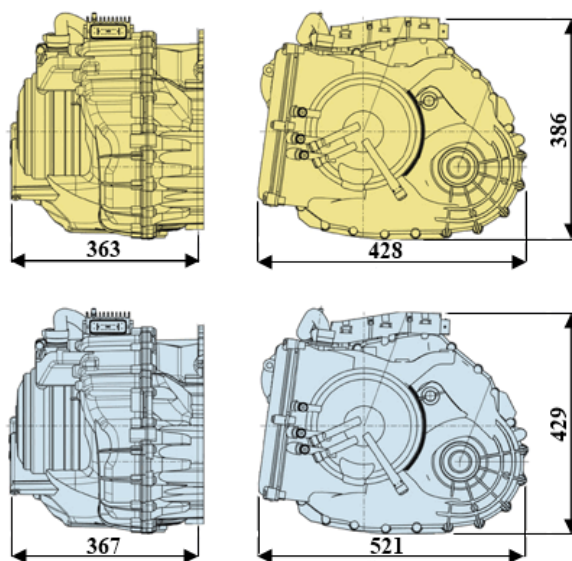
VW 7 DGT (dual clutch Gearbox) се састоји од две спојнице, и обе су упарене са електрично – управљаним механизмом активирања, са циљем побољшања искоришћења горива, и парним или непарним степенима преноса. VW 7 DGT омогућава секвенцијално деловање или директно прескакање на 1. од 7. степена преноса у зависности од возачевих жеља. Једно од кључних подручја у развоју VW 7 DGT – а су смањење буке и вибрација што је постигнуто са спољним носачем мењача, који омогућава глатко мењање брзина без трзаја. Таквим деловањем VW 7 DGT смањује губитак обртног момента током мењања брзина и пружа глатку вожњу у свим условима. Конструктивно је изведен тако да се може бити смештен напред (мењач и диференцијал чине једну целину), за погон на предњим точковима, али коришћењем преносника снаге, погон се може остварити и на сва четири точка. Са дужином од око 360 mm и тежином од 77 kg, VW 7 DGT је компактнији и лакши од мењача у овој класи који су били доступни на тржишту до данас. Ефикасност овог мењачког преносника је боља у односу на CVT мењач, јер је потрошња горива мања за 9%. VW 7 DGT мењачки преносник се углавном примењује код паралелних хибрида, пре свега због малих габарита, овакав пример су возила Volkswagen Jetta Hybrid и Audi A3 Sportback e – tron (PHEV), чија је погонска јединица приказана на слици 7.5.

Са две серије ZF 9HP (HP 28 и HP 48) покрива распон обртног момента од 200 до 480 Nm. Може да подржи различите погонске елементе за погон на сва четири точка, електромотор код хибрида и др., чак и на уским просторима инсталације. Ове и друге предности чине 9HP аутоматски мењач изузетно флексибилним и представља оптималан избор за предњи погон у комбинацији са бензинским (ОТО) и дизел мотором, као и код хибридног погона. Ефикасност мењачког преносника 9HP је веома повољна, како тврди произвођач, фирма ZF, могућа је смањена потрошња горива од 12% код бензинског и 16% код дизел мотора.

Поред тога, може бити хибридована и примењен код паралелног хибридног погона, када се претварач обртног момента замени електромотором. На слици 7.6 приказани су мењачки преносници ZF 9HP 28 и ZF 9HP 48 са основним димензијама (лево) и његова позиција у аутомобилу (десно).



Слика 7.5 – Погонска јединица хибридног возила Audi A3 Sportback e – tron (PHEV) [41]



Слика 7.6 – Лево – позиција мењачког преносник ZF 9HP 48 на аутомобилу; Десно – мењачки преносници ZF 9HP 28 (горе) и ZF 9HP 48(доле) са основним димензијама [40]

7.4. Избор спојнице

Спојница возила има задатак да пренесе обртни момент од мотора на мењач, да у било ком моменту у случају потребе прекине пренос, без прекида рада мотора и да поново успостави пренос са што мање удара. Спојница омогућава краткотрајно одвајање мотора од погонских точкова у тренутку поласка, оног момента када је потребно променити степен преноса, при кочењу или убрзавању. Има и сигурносну функцију, јер спречава преоптерећење осталих елемената преносника снаге у тренутку наглих, интензивних кочења, када мотор није одвојен од трансмисије.

Код аутомобила механичка спојница мора да задовољи: [1]

- пренос обртног момента од мотора на трансмисију,
- континуалност и потпуност укључења и искључења,
- мали замор возача у току њеног коришћења.
- полазак из места, а по потреби и заустављање возила,
- заштита трансмисије од механичких преоптерећења.

Спојнице, поред свог основног задатка, треба да заштите мотор и мењач приликом преоптерећења, затим да спрече ударна оптерећења приликом покретања, заустављања и промене режима рада мотора и да постепеним раздвајањем или спајањем обезбеде приближно континуално преношење обртног момента.[1]

Сви произвођачи који се баве изградом мењачких преносника, дају у комплекту са мењачким преносником и фрикциону спојницу. На тај начин је постигнута унификација и компактилност са мењачем. Произвођачи Volkswagen и ZF, при наруџбини мењача у пакету шаљу и спојницу, у овом случају то су дупле спојнице које одговарају изабраним мењачким преносницима VW 7 DCG DQ 200 и ZF 9HP 48. Фирма ZF има у својој понуди спојницу интегрисану са електромотором, ова компонента позната је под називом „хибридни модул“ и приказана је на слици 7.7. Хибридна спојница је прилагођена тако да на најбољи могући начин задовољи конкретне захтеве преноса обртног момента са електромотора на мењачки преносник, као и да прекине пренос.



Слика 7.7 – ZF „хибридни модул“ (електромотор – спојница – актуатор) [40]

7.5. Избор електромотора

Електромотор чини основу погона код хибридних возила, односно потпуних (20 – 70 kW) и утикачких хибрида (50 – 100 kW). Електромотори обезбеђују изузетну ефикасност и повећавају коефицијент исоиришћења енергије. Оно што се увек захтева од сваког електромотора који се користи ког хибридних возила је могућност интиегрисања са осталим компонентама (мотор СУС, спојница, мењачки преносник и др.). Битан фактор јете и самњење губитака приликом конверзије механичке енергије у електричну и обратно.

Ово је компонента која се такође набавља од иностраних произвођача и мора бити одговарајућих карактеритика, односно да је намењена за одређени хибридни погон (серијски, паралелни или комбиновани). Поред тога од аутономности електричног погона зависки величина и снага електромотора који ће бити примењен у хибридном погону.

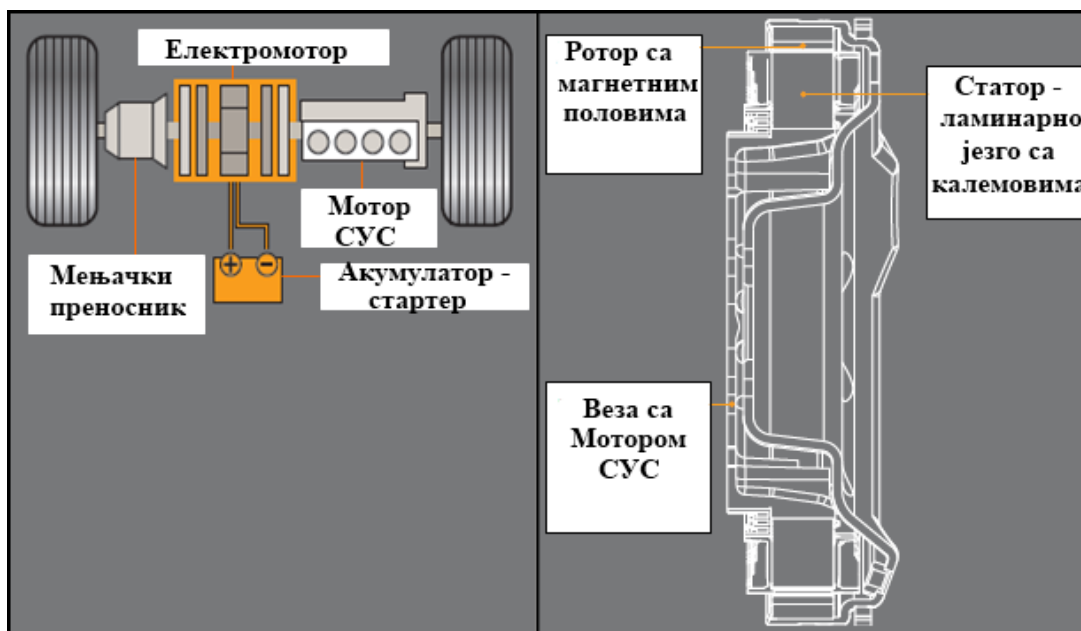
За нови модел хибридног возила изабран је електромотор произвођача ZF, комерцијалног назива „DynaStart“, односно ZF SG280. Развијен је за паралелни хибриди погон и испуњавају изузетно високе захтеве у погледу перформанси и исплативости. Не захтева велики простор за инсталацију у сложенем окружењу између мотора СУС и мењачког преносника и лако се може уклопити у већ постојећу концепцију возила. Економичност је једна од добрих одлика овог електромотора, јер утиче на самњење потрошње горива и емисије CO₂ до 15% [1]. На слици 7.8 приказан је електромотор ZF SG280, а у табели 7.4 дате су техничке карактеристике.

Табела 7.4 – Техничке карактеристике електромотора ZF SG280 [40]	
Снага:	25 kW
Број обртаја:	6500 o/min
Обртни момент:	165 Nm
Спољашњи пречник:	280 mm
Електрична активна дужина:	55 mm



Слика 7.8 – Електромотор ZF SG280 [40]

На слици 7.9 приказана је шема погона на предњим точковима и позиција електромотора (лево) и шема попречног пресека електромотора (десно).



Слика 7.9 – Лево – позиција електромотора код погона на прењим точковима, Десно – попречни пресек електромотора ZF SG280 [40]

7.6. Избор система ослањања и система кочења

Пред СЕО (систем еластичног ослањања) се поставља велики број захтева које мора да задовољи, а који се могу сврстати у неколико основних група и то: [1]

- могућност кретања, до граничних брзина, по неравним путевима,
- мале промене трајекторије осциловања управљачких точкова и пригушивача, при кретању по неравним путевима,
- обезбеђење добре стабилности и проходности,
- брзо пригушивање осцилација каросерије и точкова, и
- минималне величине неослоњених маса и њихово оптимално компоновање у тражену целину.

СЕО има задатак да ублажи и пригуши силе које се од неравнина пута преносе на каросерију аутомобила. Такође, треба да обезбеди вођење точкова по унапред дефинисаној путањи. Уколико СЕО у већој мери смањује негативан утицај пута, утолико се може говорити о већој ефикасности и бољим укупним карактеристикама. [1]

Развој СЕО је почео са пасивним (данас је у примени код већине светски произвођача аутомобила), да би се преко полуактивног (општа је тежња да се примени код аутомобила средње класе) развио у најновије време до активног (са применом су почеле само најреномираније светске фирме и то за аутомобиле високе класе). [1]

Уколико се код система за ослањање може постићи промена карактеристика опруге, или чешће, пригушивача, при свакој промени стања, ради се о полуактивном систему за ослањање. [1]

Прва регулација карактеристика пригушивача била је механичка: код ње се карактеристика мењала ручно, подешавањем вентила током хода сабијања преко клипњаче. Други покушаји су били променом протока уља, местом електричних склопки које отварају или затварају отворе за протицање уља. СЕО, коме се додаје генератор активне силе (уређај који може у сваком тренутку генерисати силу зависно од информација о стању система), представља активни систем за ослањање. [1]

Имајући у виду карактер рада, оцењује се целисходним да се укратко прикажу нека од до сада изведених конструктивних решења СЕО.

Компоненте система ослањања бирамо од домаћих и иностраних произвођача – коопераната, које морају да поседују оређени квалитет, пре свега: еластичност, добре радне карактеристике (пригушење осцилација и вођење точкова), поузданости и дуг радни век. СЕО се изводи од низа појединачних компоненти (амортизер, опруге, елементи вођења точкова, челичних елемената, пнеуматика и др.) које треба уколопити у једну функционалну целину, у зависности од услова за које је возило намењено, жељених карактеристика, перформанси, димензија, масе возила и других битних фактора. Ипак, да би се у фази идејног пројекта одабрале поједине компоненте СЕО, потребно је предходно дефинисати тип система олањања који желимо да применимо на новом возилу. За ново возило на хибридни погон у табели 7.5 дефинисан је жељени систем осањања.

Табела 7.5 – Систем ослањања за ново возило на хибридни погон (категорије М1)	
Напред:	- Независно осањање, - Вођење точкова, - Добре пришујуће карактеристике, - Систем McPherson са вођењењем у попречној равни
Позади:	- Независно ослањање, - Систем Multilink са четворостуком везом

Систем ослањања у општем случају представља један врло сложен систем који се састоји из четири посебна система или механизма и то:

1. механизам за вођење точкова (елементи за вођење),
2. еластични ослонци (еластични елементи),
3. елементи за пригушење осциловања (амортизери) и
4. стабилизатори.

Независни систем осањања се данас готово обавезно среће на управљачким мостовима путничких возила, а често, све више и на погонским мостовима. Код независног система ослањања, механизам за вођење точкова преузима на себе улогу управљачког моста, уколико се ради о предњим точковима.

Изабрани систем McPherson је посебан облик независног ослањања који се користи на предњој осовини аутомобила. McPherson опружна нога представља комбинацију ојачаног телескопског амортизера и спиралне опруге, који потпуно задовољава захтеве који се постављају пред управљачке тачке путничких возила, те се тамо овакав систем и највише користи. Ради правилног вођења тачкова потребне су још упорне полуге – вођице. Подешавањем места постављања опруге у односу на амортизер, помоћу лежишта опруге са навојем могуће је подешавати карактеристику целог система сходно потребама возила. На слици 7.10 приказана је McPherson опружна нога (лево) и предња осовина са системом ослањања McPherson, код возила Audi A3 Sportback e – tron (PHEV) (десно)



Слика 7.10 – Лево – Опружна нога система еластичног ослањања McPherson, Десно – Систем ослањања McPherson, код возила Audi A3 Sportback e – tron (PHEV) [42] [43]

Изабрани систем Multilink развојен за систем ослањања позади је независно вешање углавном направљено од алуминијумских компоненти, што представља значајан корак већој управљивости, удобности вожње и безбедности. Овај систем ослањања је редизајниран у систем са четвороструком везом (три попречен и једна узбужна веза по тачку). То значи да може да уздужно и попречно прими динамичка оптерећења, свака веза за себе готово независно једна од друге, чиме се постиже задовољавајућа стабилност и удобност. Уз мале модификације у структури система Multilink задње ослањање може да буде погодано за примену на предњим тачковима, као и за погон на четири тачке. На слици 7.11 приказано је Multilink задње ослањање у четири тачке (лево) и Multilink задње ослањање код возила Audi A3 Sportback e – tron (PHEV) (десно).



Слика 7.12 – Лево – Multilink задње ослањање у четири тачке, Десно – Multilink задње ослањање код возила Audi A3 Sportback e – tron (PHEV) [44] [45]

Све компоненте неопходне за израду система ослањања набављају се углавном од иностраних произвођача – коопераната, ређе од домаћих. Пожељно је да се сви елементи набављају од једног произвођача. У овом случају одлучено је да главни снабдевач буде реномирана ZF, која има широку понуду компоненти система еластичног ослањања (механизме за вођење точкова, еластични ослоње – завојне опруге, елементи за пригушење осциловања (амортизери) и стабилизаторе), које могу бити достављене појединачно или као полу – склопови и склопови. Такође, могућа је испорука потпуно склопљене предње и задње осовине са свим елементима СЕО, управљачког система и система кочења, у зависности од димензија и карактеристика које треба да буду задовољене, а које је поставио наручилац. На слици 7.12 приказан је комплет предње и задње осовине аутомобила произвођача ZF.



Слика 7.12 – Комплет предње и задње осовине аутомобила произвођача ZF [40]

Још у фази израде идејног пројекта, дефинишу параметри система који ће обезбедити добре кочионе особине и стабилност аутомобила у току кочења. Један од основних захтева за остваривање максималних кочних сила и максималног успорења је да се сви точкови доведу истовремено до границе блокирања. У циљу даљих објашњења, имаћемо у виду изразе о динамичким реакцијама тла, које у случају кочења на хоризонталном путу, добијају облик: [1]

$$Z_1 = G \cdot \frac{b + h_T \cdot \varphi}{L} \quad Z_2 = G \cdot \frac{a - h_T \cdot \varphi}{L} \quad (1)$$

где је:

Z_1, Z_2 – вертикална реакција тла на точовима

G – тежина аутомобила

L – међуосовинско растојање аутомобила

h_T – висина тежишта,

a – положај тежишта у односу на предњу осовину,

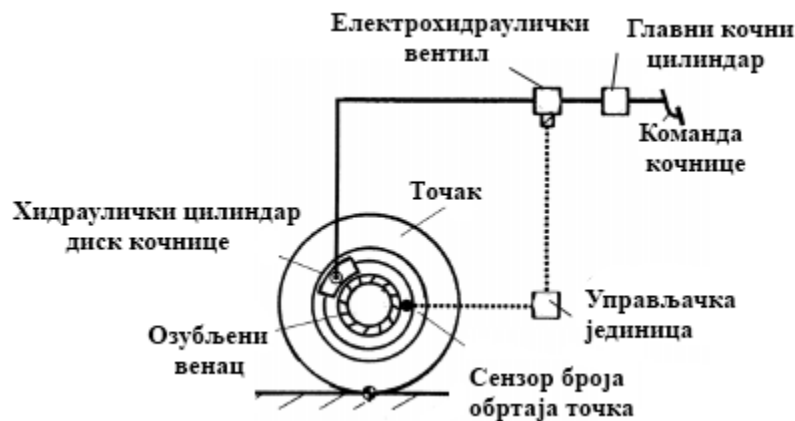
b – положај тежишта у односу на задњу осовину

Анализом изрази можемо утврдити да оптималан однос кочних сила зависи од: [1]

- осовинског растојања,
- оптерећења (положаја тежишта) и
- стања пута (коэффицијента приањања).

Проблемом расподеле кочионих сила данас се бави већи број стручњака, а постоје и правилници (ЕСЕ) као и развијени алгоритми и програми за дефинисање параметара кочних система. [1]

Анализом се може утврдити да се максимално успорење постиже у случају највеће вредности коэффицијента приањања. То се не остварује са блокираним точковима, већ при њиховом проклизавању од око 20 – 30%. Да би се ова вредност клизања остварила у свим условима, користе се системи против блокирања точкова – ABS (Antilock Braking System). На слици 7.13 приказана је шема ABS система за путничке аутомобиле. [1]

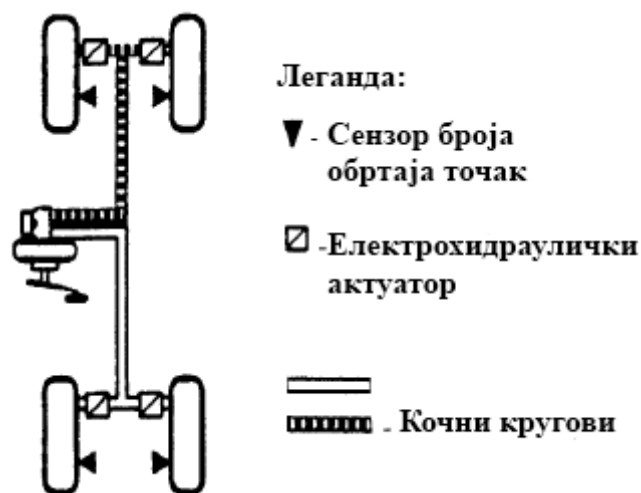


Слика 7.13 – Шема ABS система за путничке аутомобиле [1]

За преношење сила са педале кочнице, на извршни орган (диск или добош кочница), код аутомобила, најчешћу примену налазе хидрауличке инсталације, а код неких и електрохидраулички системи. У циљу мањег замора возача, кочни системи су опремљени серво уређајима који повећавају силу којом возач делује на педалу кочнице. [1]

Избор параметара система за кочење је веома сложен. Обично се у овој фази реализације пројекта иде на избор по аналогији са сличним решењима. Анализе су показале да су диск кочнице повољније за примену на аутомобилима, па им треба дати предност у односу на добош кочнице. Такође, због мање инертности треба предност дати хидрауличким системима код путничких аутомобила. У циљу смањења замора возача, код свих аутомобила треба користити серво уређаје (најчешће пнеуматске) који смањују потребну силу којом возач мора да делује на команду кочница. При избору параметара кочионог система, треба поштовати све захтеве ЕСЕ 13. Имајући у виду неопходност уградње ABS – а, при његовом избору треба консултовати специјализоване произвођаче. У табели 7.6 дате су карактеристике система кочења који ће бити примењен код новог модела хибридног возила (категорије М1), а на слици 7.14 приказана је изабрана концепције уградње ABS система.

Табела 7.6 – Карактеристике система кочења који ће бити примењена	
Преношење силе кочења:	<i>Хидрауличка инсталација</i>
Систем кочења:	<i>Електронска контрола + ABS систем + Регенеративно кочење</i>
Концепција уградње ABS – а:	<i>Четворосензорни систем са паралелним кочним круговима</i>
Кочнице напред:	<i>Вентилирајући дискови</i>
Кочнице позади:	<i>Дискови</i>



Слика 7.14 – Изабрана концепција уградње ABS система (четворосензорни систем са паралелним кочним круговима) [1]

7.7. Избор система управљања

Имајући у виду класу аутомобила, пројектант се најпре мора одредити за врсту система за управљање (класичан, серво или неке верзије са аутоматизацијом процеса управљања аутомобилом). Препоручује се да пројектант претходно изврши анализу постојећих система на аналогним аутомобилима, а у случају да жели коришћење аутоматизованих система за управљање, да се обрати специјализованим произвођачима тих система. Када је систем за управљање дефинисан, потребно је извршити претходне провере са аспекта чврстоће. Обзиром да параметри пнеуматика (величина и облик додирне површине) нису довољно познати, корисно је да се момент заокретања точкова аутомобила у месту израчунава по емпиријској формули: [1]

$$M_z = \frac{G_u^{1.5}}{k \cdot p^{0.5}} \quad (2)$$

где је:

M_z – момент заокретања путничког аутомобила у месту,

k – коефицијент који се обично усваја (2.1),

p – притисак у пнеуматичима управљајућих точкова,

G_u – оптерећење управљајућих точкова.

На основу изабраних параметара система за управљање може се дефинисати момент на точку управљача, који (због замора возача) не би смео бити већи од око 100 N. У случају већих вредности, неопходно је користити серво – управљач. Ипак, код свих данашњих савремених возила уграђивање серво управљача је постао стандард из разлога постизања бољих перформанси и лакшег управљања возилом.

Као што је познато, управљиви точкови и осовинице рукаваца се, у циљу стабилизације аутомобила, постављају под одређеним угловима у односу на хоризонталну и вертикалну раван аутомобила, као што је то илустровано. При пројектовању аутомобила величине бочног нагиба точка (φ), конвергенција ($A - B$) у mm, угао подужног – затура (γ) и бочног нагиба осовинице рукаваца (δ) се, обично, усвајају по аналогији са већ изведеним аутомобилима сличне категорије. Ради илустрације, у табели 7.7 дате су оријентационе величине параметара геометрије управљивих точкова и рукаваца које се користе код савремених аутомобила.

Табела 7.7 – Параметри геометрије ослањања точкова [1]	
Бочни нагиб точка [°]:	-3 ÷ 0
Конвергенција [°]:	5 ÷ 20
Бочни нагиб осовинице рукаваца [°]:	0 ÷ 3
Затур [°]:	-3 ÷ 5

На основу анализе која је дата у постојећој литератури, а и према данашњим трендовима у аутомобилској индустрији изабрано је да систем управљања буде електрични серво уређај реномираног произвођача ZF, комерцијалног назина ZF Servolectric, односно ZF EPSc.

ZF Servolectric се испоручује као комплетан, потпуно функционалан управљачки систем. Уље се дозира у резервоар хидраулике инсталције, а систем не захтев додатно одржавање. Дијагностички систем омогућава проверу функције управљачког система и може бити интегрисан у електронске системе за стабилност (нпр. ABS, ESP, итд.), без икаквих проблема. ZF EPSc се монтира на стуб управљача у зависности од расположивог простора, инсталације возила и потребне силе на управљачком механизму. У табели 7.8 дате су карактеристике серво управљача ZF EPSc, а на слици 7.15 приказан је ZF EPSc електрични серво управљач са означеним елементима.

Табела 7.8 – Техничке катактеристике серво управљача ZF EPSc [40]	
Намена према класи возила:	<i>Нижња класа, нижња средња класа и виша средња класа</i>
Уградња серво јединице (појачивача):	<i>На стубу управљача</i>
Управљивост освинског оптерећење до:	<i>1000 kg</i>
Управљивост:	<i>360° (100°/s)</i>
Утицај на емисију CO₂:	<i>Комбинована возња – 10 g/kg Градска возња – 20 g/kg</i>
Утицај на потрошњу горива:	<i>Комбинована возња – 0.4 l/100 km Градска возња – 0.8 l/100 km У односу на хидеауличке уштеда и до 90%</i>
Одржавање:	<i>Без одржавања</i>



Слика 7.15 – ZF EPSc електрични серво управљач (1. кућиште, 2. зупчаста летва, 3. стуб управљача – карданско вратило, 4. преносни зипчаник, 5. управљачки преносник, 6. гумена заштита, 7. спона) [40]

7.8. Избор батерије

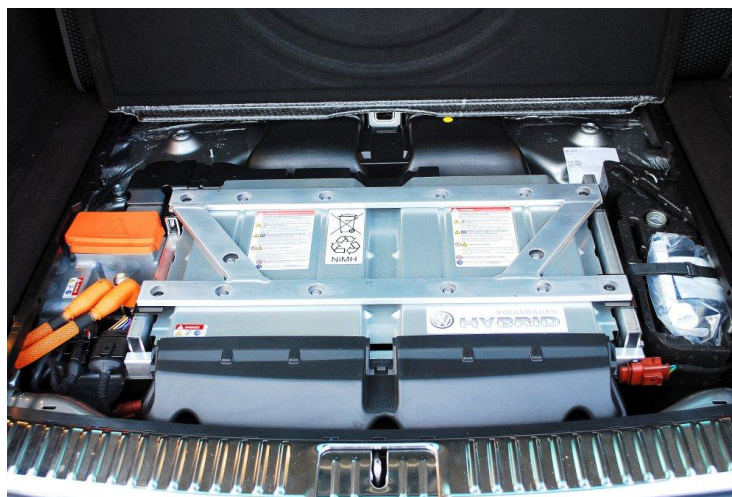
Код хибридних возила, батерије морају скалдиштити електричну струју, али исто тако и давати потрбну количину и јачину струје. Свака батерија се састоји од миниму две или више ћелија међусобно повезаних. Капацитет батерије се обично дефинише у ампер часовима. Амперсат (Ah) дефинише капацитет батерије, тј. дефинише колико времена једна батерија може давати одређену јачина струје.

Најзаступљенији типови батерије за хибридна и електрична возила су:

- литијум – јонске (Li – ion),
- литијум – полимерске (Li – poly),
- (Na/NiC12),
- никл – метал хибрид (NiMH),
- никл – кадмијум (NiCd),
- олово – киселна.

За ново хибридно возило (категорије М1) изабрана је литијум – јонска батерија призматичног облика, погодна за уградњу испод пртљажног простора или задњег седишта возила, јапанског произвођача Sanyo који од 2012 године послује у оквиру компаније Panasonic. У табели 7.9 дате су карактеристике изабране Li – ion батерије, а на слици 7.16 приказана је Li-ion батерија истих карактеристика примењена на возилу Volkswagen Jetta Hybrid, смештена испод пртљажног простора.

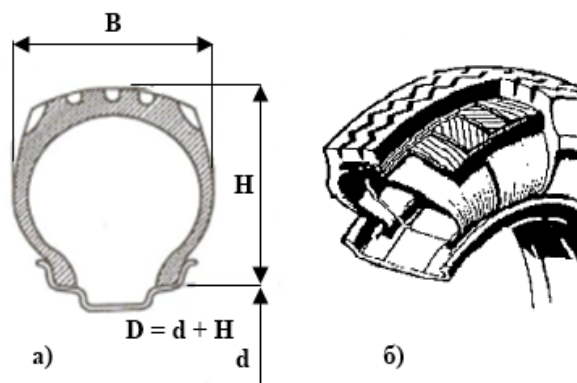
Табеле 7.9 – Техничке карактеристике Sanyo Li – ion батерије за хибридна возила [46]	
Број ћелија:	60
Номинални напон:	220 V
Капацитет:	1.1 kWh
Изразна снага:	32 kW



Слика 7.16 – Батерија Sanyo 60-Cell Li-ion [46]

7.9. Избор точкова

Савремени пнеуматици захваљујући својој променљивој и прилагодљивој структури, испуњавају све захтеве које пред њих постављају произвођачи и корисници возила. Уз то обезбеђују путницима одговарајућу удобност и конфор. Данас искључиво користе радијални пнеуматици. Због битног утицаја на конструкцију и понашање управљачког система није дозвољена замена пнеуматика друге врсте од оних које је прописао произвођач возила. Код хибридних возила пнеуматици су квалитетније израде и мањег отпора котрљања него код конвенционалних возила. Ипак, такви пнеуматици су реткост и налазе се у фази развоја [1]. На слици 7.17 (а) приказана је шема попречног пресека пнеуматика са основним величинама, а на 7.17 (б) пресек радијалног пнеуматика.



Слика 7.17 – а) шема попречног пресека пнеуматика (B – ширина попречног пресека пнеуматика, H – висина пнеуматика, d – номинални пречник наплатка); б) пресек радијалног пнеуматика [1]

За нови модел хибридног возила изабрани су наплатци 6.5" x 16" и пнеуматици 205/55 R 16 91V на свим осовинама. При набавци точкова – пнеуматика приоритет имају произвођачи Continental и Michelin. На слици 7.18 приказан је пнеуматик произвођача Continental „ContiPremiumContact™ 5“ (лево) и Michelin „Michelin Energy Save+“ (десно). У табели 7.10 дата су објашњења ознака пнеуматика.



Слика 7.17 – Лево – пнеуматика „ContiPremiumContact™ 5“, Десно – пнеуматик „Michelin Energy Save+“ [47] [48]

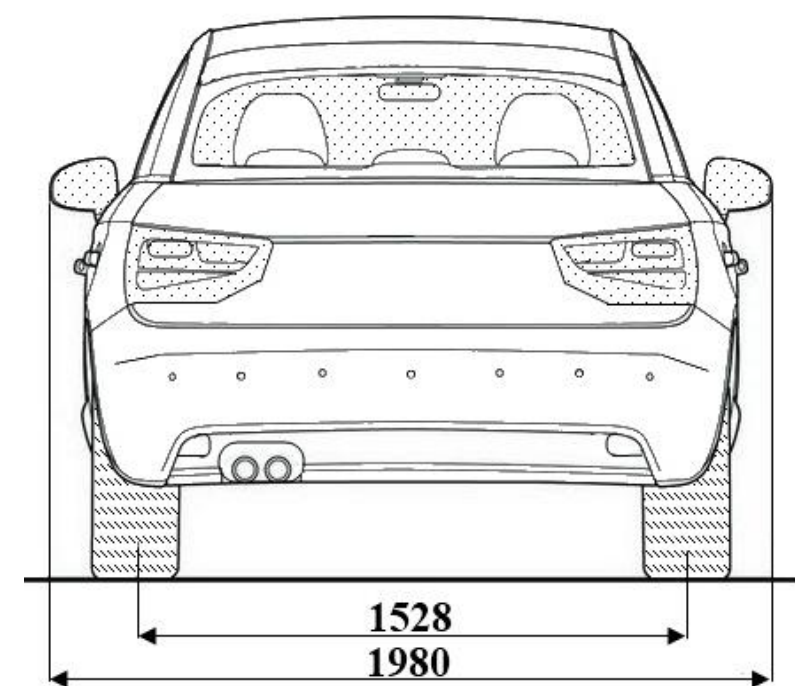
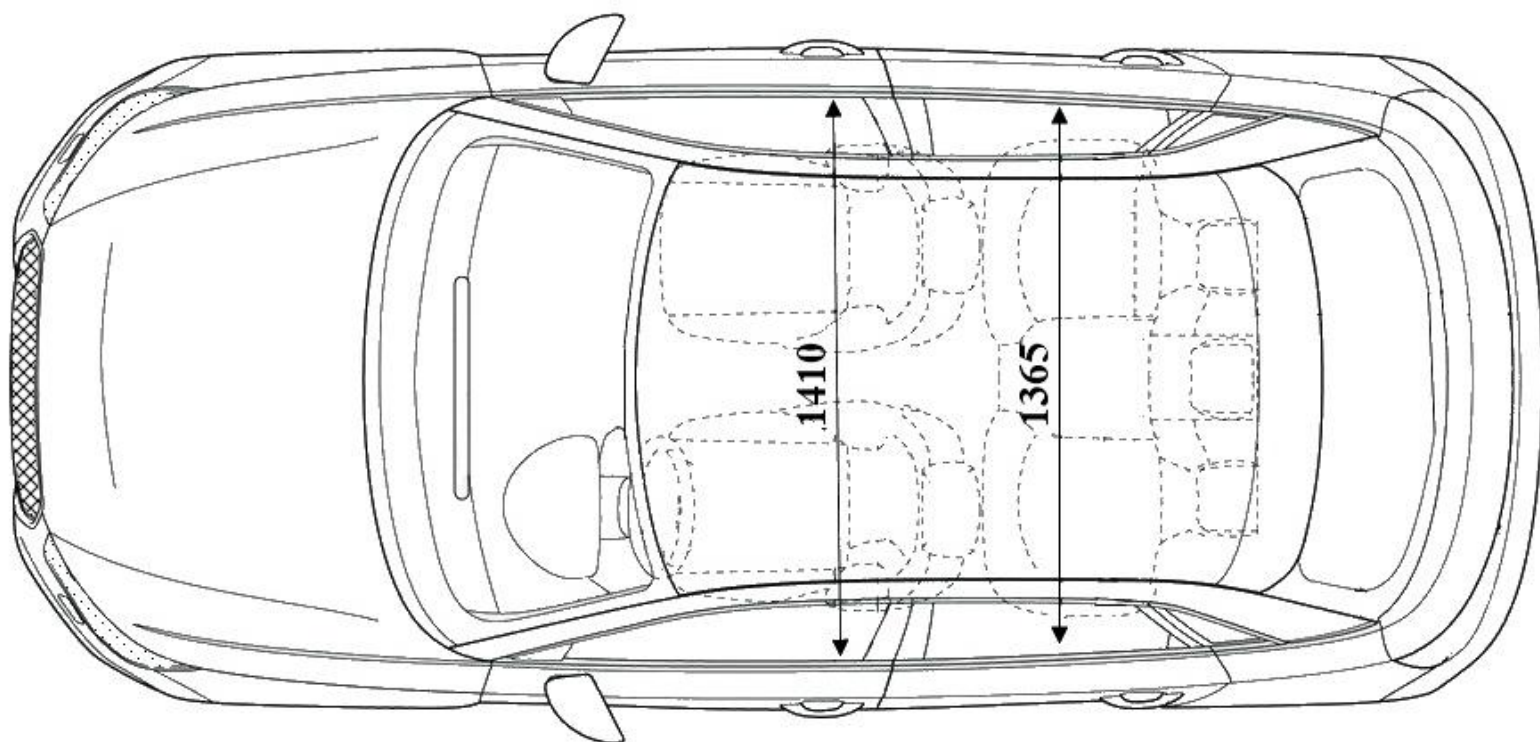
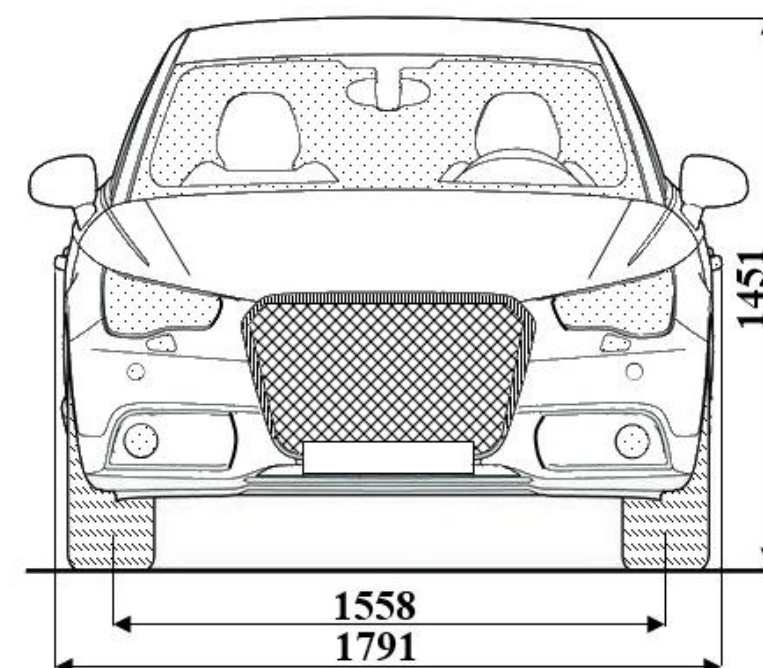
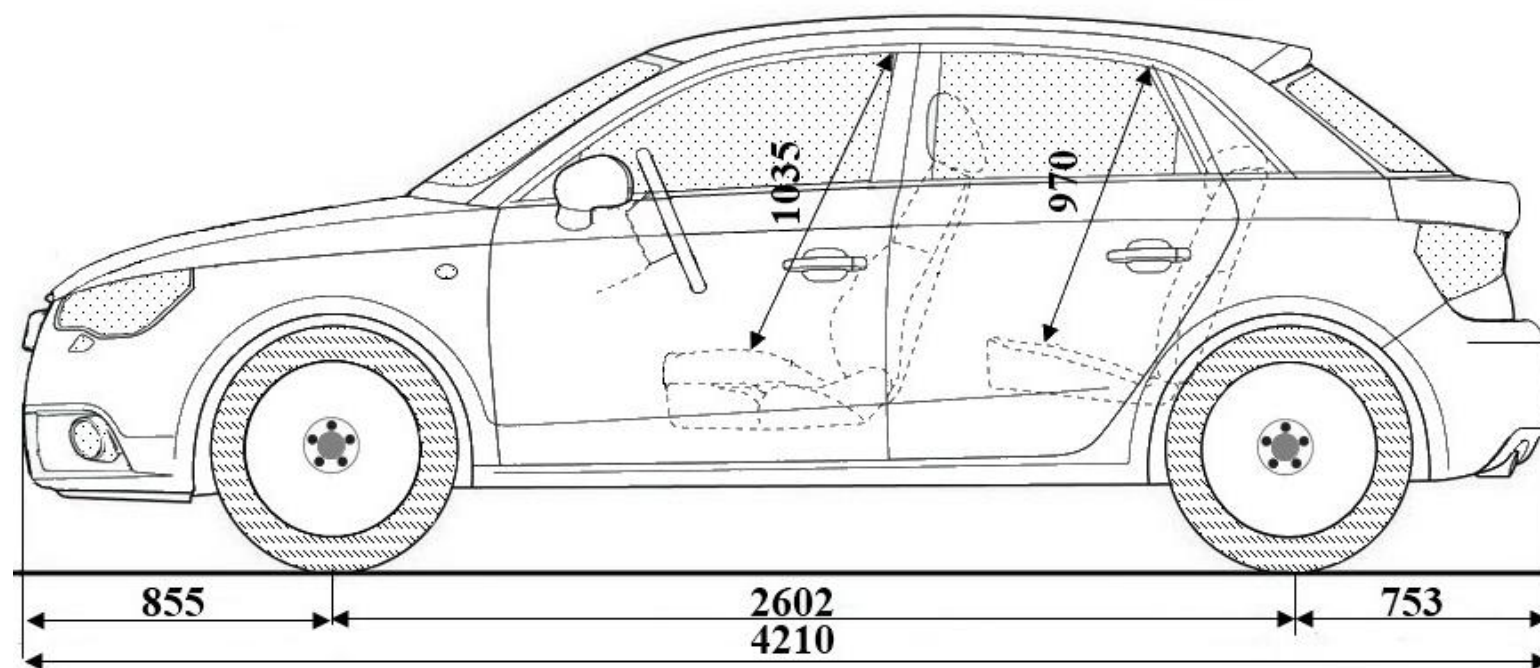
Табела 7.10 – Објашњење основних ознака изабраних пнеуматика [1]

Ознака	Значење
195	Ширина пнеуматика (газеће површине – протектора) у mm.
55	Профил пнеуматика (серија) – однос између висине бочног зида и ширине газеће површине (протектора) изражен у процентима. У овом случају, висина је 55% ширине пнеуматика.
R	Означава радијалну конструкцију.
16	Пречник наплатка у in
91	Индекс носивости, који дефинише максимално оптерећење, које се може прочитати из табела носивости. У овом случају број 91 значи да ова гума може издржати максималних 615 kg оптерећења.
V	Индекс брзине. Словна ознака која означава максималну брзину коју пнеуматик може издржати, при дозвољеном оптерећењу, у овом случају 240 km/h. Индекси брзине са максималним брзинама налазе се у табели индекса брзине, коју даје произвођач.

8. Технички цртеж идејног пројекта возила на хибридни погон (категорије M1) са основним димензијама

Табела 8.1 – Димензије новог модела возила на хибридни погон (категорије M1)

Укупна дужина:	18750 mm
Дужина возила:	2602 mm
Предњи препуст:	855 mm
Задњи препуст:	753 mm
Траг предњих точкова:	1558 mm
Траг задњих точкова:	1528 mm
Висина:	1451 mm
Ширина возила напред:	1791 mm
Ширина возила позади:	1980 mm
Максимална ширина возила:	1980 mm
Ширина простора за седење напред:	1410 mm
Ширина простора за седење позади:	1365 mm
Растојање од предњих седишта до крова:	1035 mm
Растојање од задњих седишта до крова:	970 mm



Димензије:				Маса:		Материјал	Термичка обрада:		Размера: 1:200		
					Датум	Име	Технички цртеж идејног пројекта возила на хибридни погон (катеорије М1)				
				Цртао	24.6.2014	Никола					
				Оверио		Милојевић					
				Станд.		381/2012					
				Факултет инжењерских наука у Крагујевцу							1
											A3
Ст. и	Измене	Датум	Име								

9. Рачунска провера перформанси и стабилности возила

У овом случају рачунска провера перформанси и стабилности возила ради се изабраним компонентама погонске групе (мотор СУС и мењачки преносник), што је довољно да се одреде карактеристике возила, које приближно одговарају стварним.

Табела 9.1 – Техничке карактеристике зглобног аутобуса

Карактеристике возила	Подаци
Геометријеске мере:	$l = 2602 \text{ m}$ $a/l = 0.501$ $2s = 1.556 \text{ m}$ $A = 0.78 \cdot S_v \cdot h = 0.78 \cdot 1.791 \cdot 1.451 = 2.03 \text{ m}^2$ Препорука: A за путничко возило $(2.00 \div 2.80) \text{ m}^2$
Маса возила:	$m_v = 1550 \text{ kg}$
Маса отерећеног возила:	$m_{opt} \approx 2000 \text{ kg}$
Максимална снага мотора:	$P_{max} = 90 \text{ kW}$
Број обртаја:	$n_p = 5000 \text{ o/min}$
Максимални обртни момент:	$M_{max} = 200 \text{ Nm} / n_m = (1250 \div 4000) = 2600 \text{ o/min}$
Положај мотора и погона:	Напред – попречно
Преносни односи мењача:	$i_{IV} = 0.93$
Преносни однос главног преносника:	$i_{VI} = 0.97$
	$i_0 = 4.44$
Пнеуматици:	205/55 R16
Коефицијент отпора ваздуха:	Препорука: c_x за путничко возило $(0.2 \div 0.4)$, усвојено $c_x = 0.35$

Избор основних величина:

Избор основних величина дат је прорачуном у облику табеларног приказа. Даље следи одређивање коефицијената отпора при котрљању, коефицијента приањања, механичког степена корисности трансмисије, расподеле тежине, координата тежишта возила и избор пнеуматика.

Коефицијент отпора при котрљању:

Коефицијент отпора при котрљању има различите вредности за различите брзине које су изражене у km/h , његове вредности дате су у табели.

Табела 9.2 – Коефицијент отпора при котрљању [6]

Редни број	Назив величине	Прорачун основних димезија зглобног аутобуса	Резултати прорачуна
1	Коефицијент отпора при котрљању	$f = f_0 (1 + a \cdot v^2)$ $f = f(v)$	НАПОМЕНА: При прорачуну коефицијент отпора котрљања се одређује применом емпиријске формуле

Коефицијент отпора при котрљању (f_0):

Овај фактор се узима за брзине до $v = 80 \text{ km/h}$ и за асфалт у одличном стању износи:

Брзина кретања возила (v):

Брзина кретања возила узима вредности интервала $v = (0 \div 80), \text{ km/h}$

Константа (a):

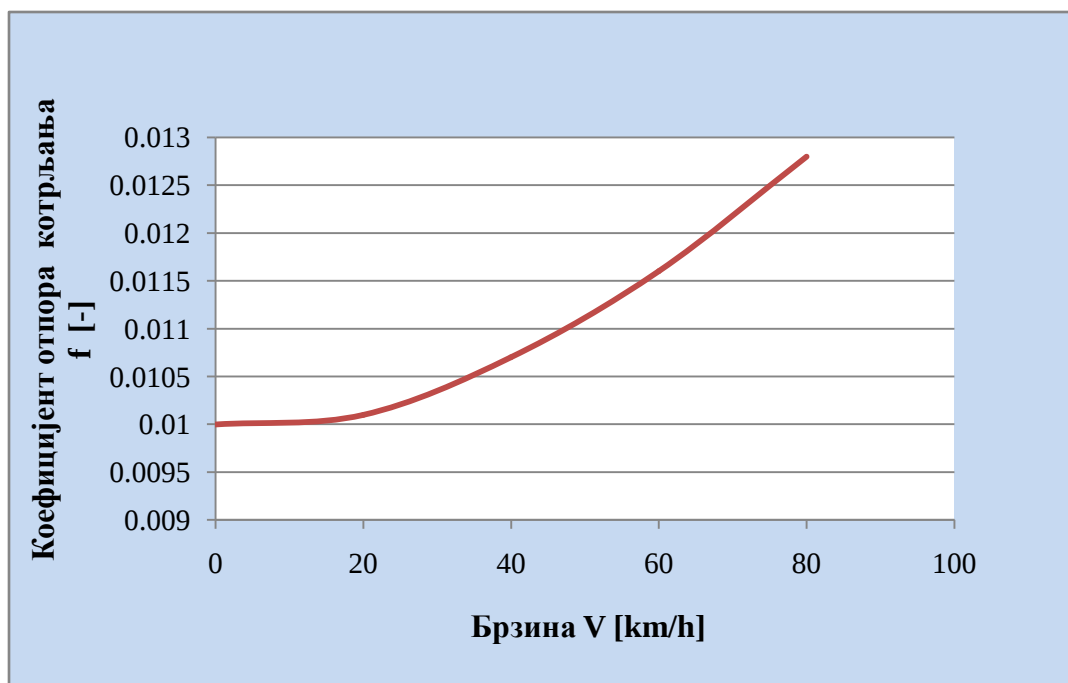
Ова константа се усваја из следећег интервала $a = (4 \div 5) \cdot 10^{-5}$, а узета је следећа вредност:

$$a = 4.5 \cdot 10^{-5}$$

У следећој табели дата је зависност коефицијента отпора котрљању од брзине, према горњем изразу:

Табела 9.3 – Табеларни приказ зависности коефицијента отпора котрљања од брзине возила					
$v \text{ (km/h)}$	0	20	40	60	80
f, l	0.01	0.0101	0.0107	0.0116	0.0128

На дијаграму (слика 9.1) је дата зависност коефицијента отпора котрљања од брзине, према табличним вредностима.



Слика 9.1 – Дијаграмски приказ зависности коефицијента отпора котрљању од брзине возила

Коефицијент приањања:

Коефицијент приањања се бира у зависности од стања површине пута, тако да се за сув асфалт узима вредност из следећег интервала $\varphi = 0.7 \div 0.8$. Усвојена се следећа вредност: $\varphi = 0.75$

Механички степен корисности трансмисије:

Механички степен корисности трансмисије зависи од механичких степени корисности мењача, карданског преносника и главног преносника.

Табела 9.4 – Механички степен корисности трансмисије [6]			
2	Механички степен корисности трансмисије	$\eta_T = \eta_m \cdot \eta_{op}$ $\eta_T = 0.95 \cdot 0.95$ $\eta_T = 0.9025$	$\eta_T = 0.9025$

Механички степен корисности мењача η_m :

Усвојена је следећа вредност: $\eta_m = 0.95$

Механички степен корисности главног преносника за погон предњих точкова η_{op} :

Усвојена је следећа вредност: $\eta_{op} = 0.95$

Фактор отпора ваздуха:

Коефицијент отпора ваздуха дат је у спецификацији возила, а вредност фактора отпора ваздуха израчуната је следећим прорачуном.

Табела 9.5 – Фактор отпора ваздуха [6]			
3	Фактор отпора ваздуха	$K = c_x \frac{\rho}{2} = 0.35 \cdot \frac{1.25}{2}$	$K = 0.219 \frac{Ns^2}{m^4}$

Густина ваздуха ρ :

За нормалне атмосферске услове ваздух има следећу густину:

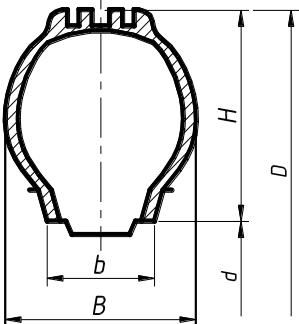
$$\rho \approx 1.25 \frac{kg}{m^3}$$

Расподела тежине и координате тежишта, статичке реакције тла:

Табела 9.6 – Расподела тежишта, координате тежишта [6]			
4	Висина тежишта за оптерећено возило	$h_T = (0.80 \div 1.0)$	$h_T = 0.90 \text{ m}$
5	Растојање центра точка од тежишта	$\frac{a}{l} = 0.501 \Rightarrow a = 0.501 \cdot 2.602$ $b = l - a$	$l = 2.602 \text{ m}$ $a = 1.303 \text{ m}$ $b = 1.299 \text{ m}$
6	Укупна тежина оптерећеног возила	$G = m_{op} \cdot g = 2000 \cdot 9.81$	$G = 19620 \text{ N}$
7	Оптерећење предње и задње осовине	$G_1 = \frac{b}{l} \cdot G = \frac{1.299}{2.602} \cdot 19620$ $G_2 = \frac{a}{l} \cdot G = \frac{1.303}{2.602} \cdot 19620$ $G_1' = G_1/2 = 9795/2$ $G_2' = G_2/2 = 9825/2$	$G_1 = 9795 \text{ N}$ $G_2 = 9825 \text{ N}$ $G_1' = 4897.5 \text{ N}$ $G_2' = 4912.5 \text{ N}$

Избор пнеуматика:

Задатком је задат следећи радијални пнеуматик **205/55 R16**. Његове основне геометријске мере и односи, као и динамички полупречник су дати у следећој табели.

Табела 9.7 – Геометријске мере пнеуматика [6]			
8	Основна ширина пнеуматика	$B = 205 \text{ mm}$	
9	Називни однос H/B	$H = 0.55 \cdot 205 = 112.75 \text{ mm}$	
10	Називни пречник пнеуматика	$d = 25.4 \cdot 16$	$d = 406.4 \text{ mm}$
11	Спољашњи пречник пнеуматика	$D = d + 2H = 406.4 + 2 \cdot 112.75$	$D = 631.9 \text{ mm}$ $D = 0.6319 \text{ m}$
12	Динамички полупречник пнеуматика	$r_d = (0.93 - 0.97) \cdot \frac{D}{2} = 0.95 \cdot 0.31595$	$r_d = 0.3 \text{ m}$

Спољно – брзинска карактеристика мотора:

За апроксимацију стварне карактеристике мотора (стварне зависности снаге и момента мотора од броја обртаја) користи се Лидерманова апроксимација.

Табела 9.8 – Снага и обртни момент мотора [6]

Редни број	Назив величине	Прорачун карактеристика мотора	Резултати прорачуна
1	Снага мотора при броју обртаја, на коме је обртни момент максималан	$P_M = M_{emax} \cdot 2\pi \cdot \frac{n_m}{60\,000} = 200 \cdot 2\pi \cdot \frac{2600}{60\,000}$	$P_M = 54.45 \text{ kW}$
2	Обртни момент при броју обртаја на коме је снага максимална	$M_P = \frac{P_{emax} \cdot 1000 \cdot 60}{2\pi \cdot n_p} = \frac{90 \cdot 1000 \cdot 60}{2\pi \cdot 5000}$	$M_P = 171.88 \text{ Nm}$

Коефицијенти b, c који фигуришу у изразу за Лидерманову апроксимацију, рачунају се по следећим изразима:

Табела 9.9 - Коефицијенти Лидерманове трансформације [6]

3	Коефицијент c Лидерманове апроксимације	$c = \frac{\frac{P_M}{P_{emax}} \cdot \frac{n_p}{n_m} - 1}{1 - \frac{2 \cdot n_m}{n_p} + \left(\frac{n_m}{n_p}\right)^2} = \frac{\frac{54.45}{90} \cdot \frac{5000}{2600} - 1}{1 - \frac{2 \cdot 2600}{5000} + \left(\frac{2600}{5000}\right)^2}$	$c = 0.709$
4	Коефицијент b Лидерманове апроксимације	$b = 2 \cdot c \cdot \frac{n_m}{n_p} = 2 \cdot 4.086 \cdot \frac{4000}{5000}$	$b = 0.738$
5	Коефицијент a Лидерманове апроксимације	$a = 1 - b + c$	$a = 0.971$
6	Израз за снагу мотора у функцији броја обртаја n_e	$P_e = P_{emax} \cdot \left[a \cdot \frac{n_e}{n_p} + b \cdot \left(\frac{n_e}{n_p}\right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_e}{n_p}\right)^3 \right]$	-
7	Израз за обртни момент мотора у функцији броја обртаја n_e	$M_e = M_P \left[a + b \left(\frac{n_e}{n_p}\right) - c \cdot \left(\frac{n_e}{n_p}\right)^2 \right]$	-

Табела 9.10 - Табеларни приказ снага и момената мотора у функцији броја обртаја

$n_e, \text{o/min}$	500	1000	1500	2000	2600	3000	3500	4000	4500	5000
P_e, kW	9.34	19.64	30.49	41.52	54.45	62.59	71.85	79.77	85.94	90
M_e, Nm	178.47	187.50	194.09	198.24	200	199.21	196.05	190.43	182.38	171.88

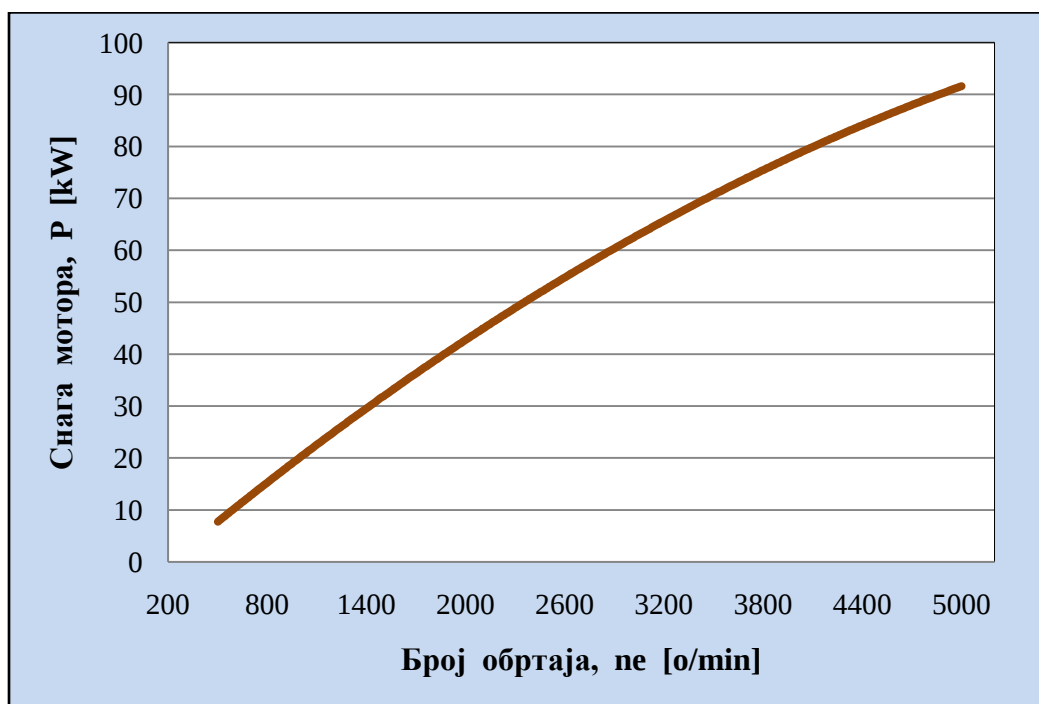
На основу табеларног приказа, може се закључити следеће:

Снага при броју обртаја при коме је обртни момент максималан износи:

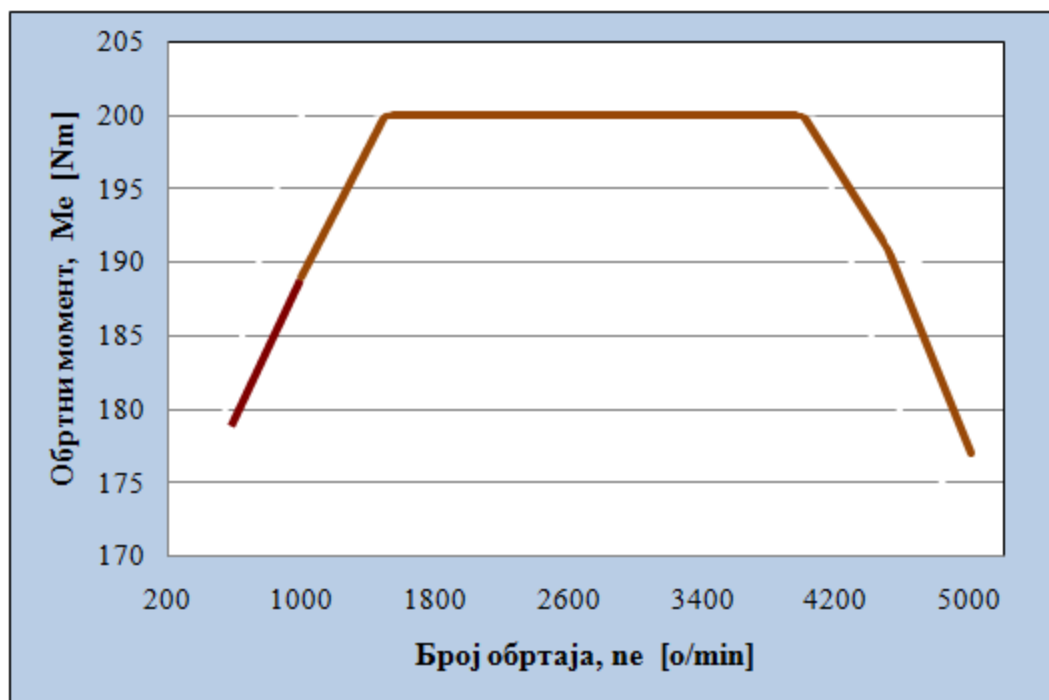
$$P_e = 55.45 \text{ kW}$$

Обртни момент при броју обртаја, при коме је снага максимална износи:

$$M_e = 172 \text{ Nm}$$



Слика 9.2 – Дијаграмски приказ зависности снаге мотора од броја обртаја мотора



Слика 9.3 – Дијаграмски приказ зависности обртног момента мотора од броја обртаја мотора

Одређивање максималне брзине возила:

Одређивање максималне брзине возила и степена преноса у коме се она постиже, врши се на основу биланса снаге:

$$P_0 = \sum P = P_f + P_\alpha + P_j + P_v$$

Максимална брзина возила се постиже на хоризонталном путу, при чему су убрзање возила и нагиб пута једнаки нули. Претходна једначина сада има следећи облик:

$$P_{emax} \cdot \eta_T \left[a \cdot \frac{n_e}{n_p} + b \cdot \left(\frac{n_e}{n_p} \right)^2 - c \cdot \left(\frac{n_e}{n_p} \right)^3 \right] = f(v_{max}) \cdot G \cdot v_{max} + K \cdot A \cdot (v_{max})^3$$

Табела 9.11 - Преносни односи и максимална брзина [6]

8	Максимална брзина возила	$v_{max} = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_v}{i_0 \cdot i_m}$	-
9	Карактеристична једначина трећег степена	$C_1(v_{max})^3 + C_2(v_{max})^2 + C_3(v_{max}) = 0$	$v_{max} = 0$
10	Познати степени преноса	$i_I = 3.50$ $i_V = 0.97$ $i_{II} = 2.09$ $i_{VI} = 0.78$ $i_{III} = 1.34$ $i_{VI} = 0.65$ $i_{IV} = 0.93$ $i_0 = 4.44$	Потребни преносни односи: $i_V = 0.97$ $i_{VII} = 0.65$ $i_0 = 4.44$

Максимална брзина оптерећеног возила за V степен преноса мењача

Табела 9.12 – Максимална брзина возила и V степену преноса [6]

11	Фактор C_1	$C_1 = K \cdot A + \eta_T \cdot P_{emax} \cdot 1000 \cdot c \cdot \left(\frac{60}{n_p} \cdot \frac{i_0 \cdot i_V}{2\pi r_d} \right)^3$	$C_1 = 1.631$
12	Фактор C_2	$C_2 = -\eta_T \cdot P_{emax} \cdot 1000 \cdot b \cdot \left(\frac{60}{n_p} \cdot \frac{i_0 \cdot i_V}{2\pi r_d} \right)^2$	$C_2 = -44.254$
13	Фактор C_3	$C_3 = f_{vmax} \cdot G - \eta_T \cdot P_{emax} \cdot 1000 \cdot a \cdot \left(\frac{60}{n_p} \cdot \frac{i_0 \cdot i_V}{2\pi r_d} \right)$	$C_3 = -1911.302$
14	Решење квадратне једначине	$v_{12max} = \frac{-C_2 \pm \sqrt{C_2^2 - 4C_1C_3}}{2C_1}$	$v_{1max} = 50.377 \text{ m/s}$ $v_{2max} = -23.253 \text{ m/s}$

Максимална брзина оптерећеног возила за VII степен преноса мењача

Табела 9.13 – Максимална брзина возила и VII степену преноса [6]

11	Фактор C_1	$C_1 = K \cdot A + \eta_T \cdot P_{emax} \cdot 1000 \cdot c \cdot \left(\frac{60}{n_p} \cdot \frac{i_0 \cdot i_{VI}}{2\pi r_d} \right)^3$	$C_1 = 0.801$
12	Фактор C_2	$C_2 = -\eta_T \cdot P_{emax} \cdot 1000 \cdot b \cdot \left(\frac{60}{n_p} \cdot \frac{i_0 \cdot i_{VI}}{2\pi r_d} \right)^2$	$C_2 = -19.871$
13	Фактор C_3	$C_3 = f_{vmax} \cdot G - \eta_T \cdot P_{emax} \cdot 1000 \cdot a \cdot \left(\frac{60}{n_p} \cdot \frac{i_0 \cdot i_{VI}}{2\pi r_d} \right)$	$C_3 = -1197.920$
14	Решење квадратне једначине	$v_{12max} = \frac{-C_2 \pm \sqrt{C_2^2 - 4C_1C_3}}{2C_1}$	$v_{1max} = 52.985 \text{ m/s}$ $v_{2max} = -28.199 \text{ m/s}$

За задате вредности података, у VII степену преноса возила постиже се максимална брзина, као једино реално решење претходне квадратне једначине:

$$v_{max} = v_{VII} \cdot 3.6 = 52.985 \cdot 3.6 = \mathbf{190.746 \text{ km/h}}$$

Број обртаја при максималној брзини, n_v у степену преноса I_{VII} износи:

$$n_v = \frac{i_o \cdot i_m \cdot v_{max}}{2\pi \cdot r_d} = 81.12 \text{ o/s}$$

$$n_w = 4867 \text{ o/min}$$

Одређивање вучних сила, динамичког фактора и убрзања возила у функцији брзине кретања возила у VII степену преноса мењача.

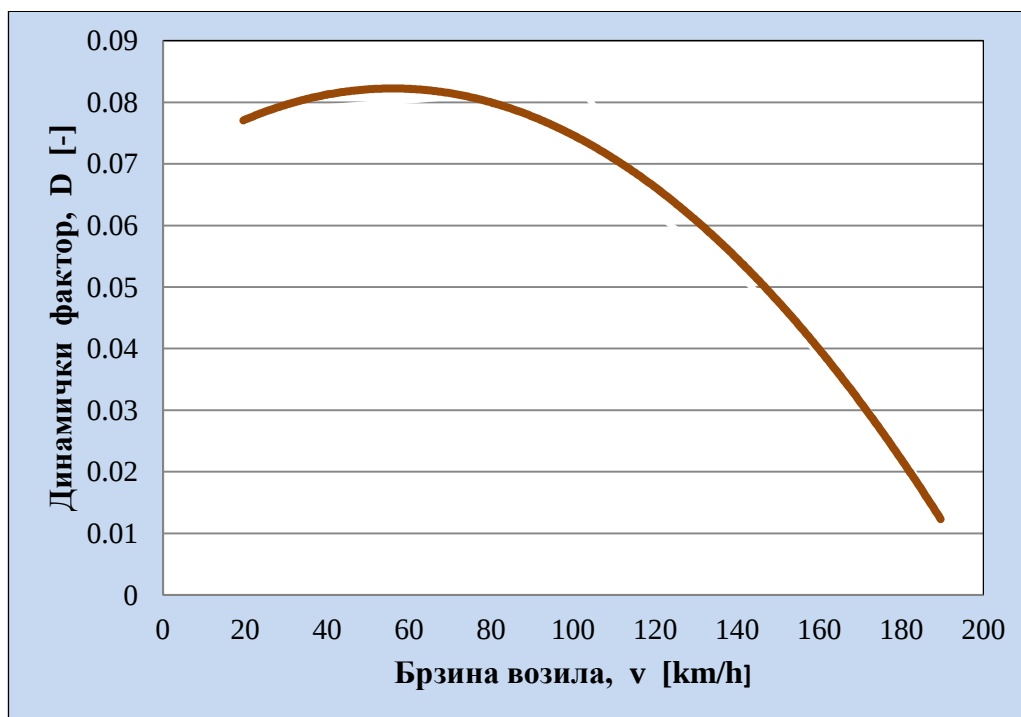
Табела 9.14 – Зависност вучних сила и брзине од бројева обртаја мотора [6]			
Редни број	Назив величине	Прорачун величина у VII степену преноса	Резултати прорачуна
1	Вучна сила	$F_o = \frac{M_e \cdot i_m \cdot i_o \cdot \eta_T}{r_d}$	$F_o = F_o(v)$
2	Вучна брзина	$v = \frac{2\pi \cdot r_d \cdot n_e}{i_m \cdot i_o}$	$v = v(\eta_e)$
3	Динамички фактор	$D = \frac{F_o - R_v}{G}$	$D = D(v)$
4	Коефицијент учешћа обртних маса	$\delta = 1 + 0.4 + 0.45 \cdot (i_{VI})^2$ $\delta = 1 + 0.4 + 0.45 \cdot (0.65)^2$	$\delta = 1.59$
5	Убрзање возила	$j = \frac{g}{\delta} (D - f)$	-
6	Коефицијент приањања	$f = f_0 \cdot (1 + av^2)$	-
7	Отпор ваздуха	$R_v = K \cdot A \cdot v^2$	-

Табеларни приказ потребних зависности од бројева обртаја мотора у VI степену преноса мењача при нормалном тежинском оптерећењу:

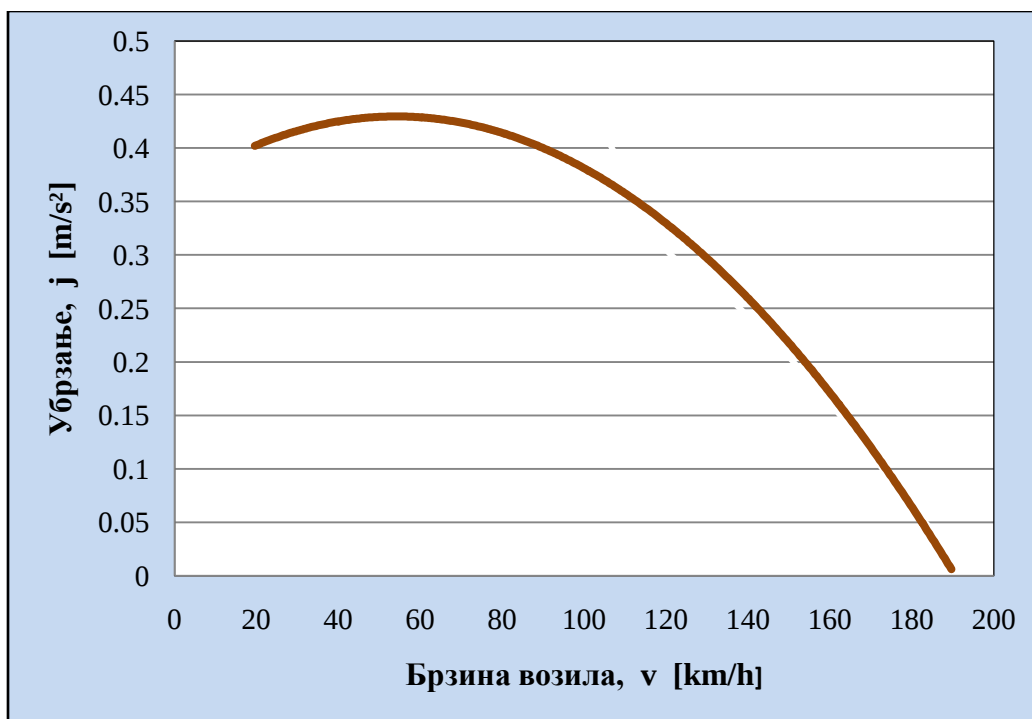
Табела 9.15 – Табеларни приказ зависности од броја обртаја у VII степену преноса

$n_e, \frac{o}{min}$	500	1000	1500	2000	2600	3000	3500	4000	4500	5000
$v, \frac{km}{h}$	19.59	39.18	58.78	78.37	101.89	117.56	137.16	156.75	176.34	189.62
$v, \frac{o}{min}$	5.44	10.88	16.32	21.77	28.30	32.65	38.10	43.54	48.99	52.67
F_o, N	1549.485	1627.884	1685.099	1721.129	1736.410	1729.551	1702.116	1653.322	1583.432	1492.270
Rv, N	13.15	52.62	118.41	210.70	356.05	473.92	645.34	842.78	1066.98	1233.29
D	0.0783	0.0802	0.0812	0.0814	0.0816	0.0639	0.0538	0.0413	0.0263	0.0131
$j, \frac{m}{s^2}$	0.404	0.416	0.422	0.423	0.424	0.315	0.253	0.176	0.083	0.020

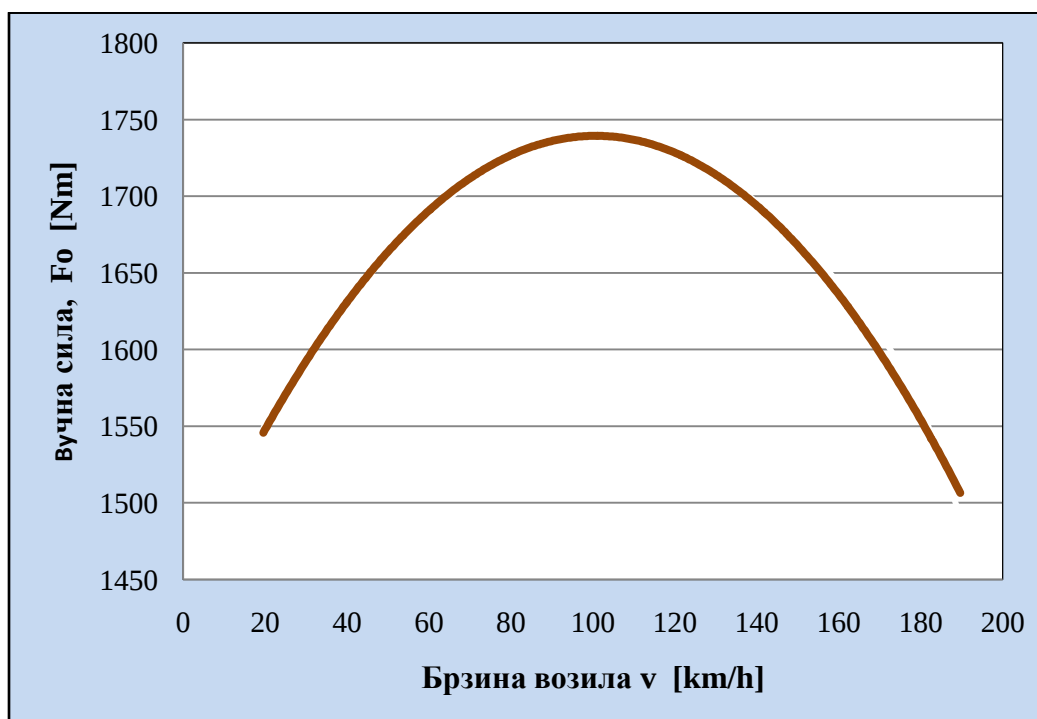
На сликама 9.4, 9.5 и 9.6 приказани су дијаграми зависности динамичког фактора, убрзања и вучне силе од брзине возила.



Слика 9.6 – Дијаграмски приказ зависности вучне силе од брзине возила

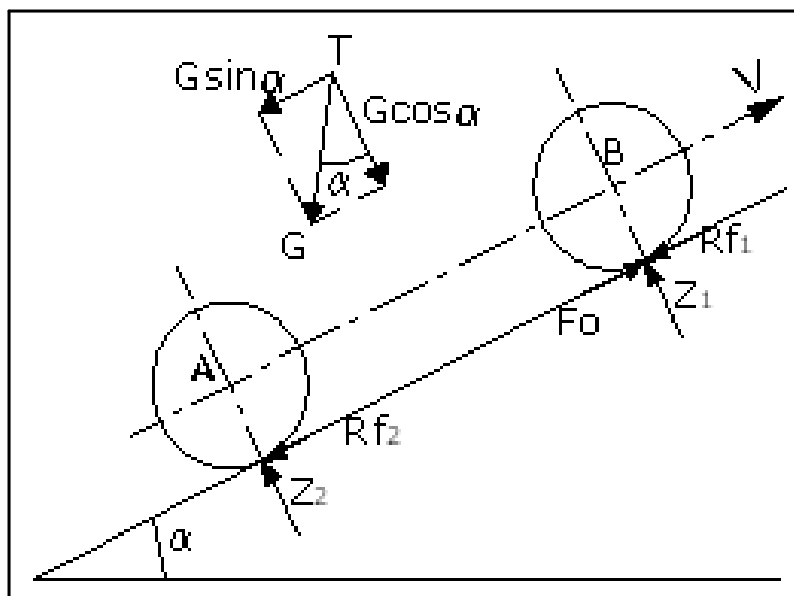


Слика 9.5 – Дијаграмски приказ зависности убрзања од брзине возила



Слика 9.6 – Дијаграмски приказ зависности вучне силе од брзине возила

Максимални успон који возило може да савлада у I степену преноса мењача:

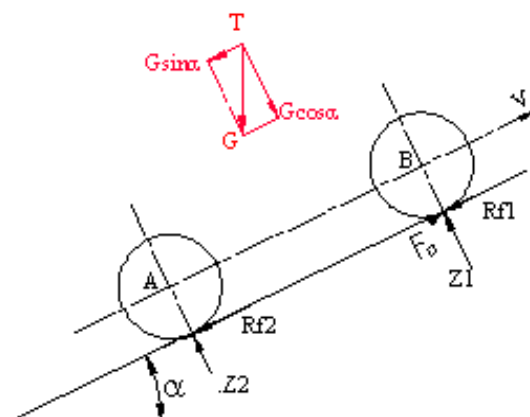


Слика 9.7 - Шематски приказ кретања возила на успону [6]

Табела 9.16 – Максимални угао нагиба пута и динамички фактор [6]

Редни број	Назив величине	Прорачун максималног успона у I степену преноса мењача	Резултати прорачуна
1	Синус максималног угла нагиба	$\alpha_{max} = a \sin \left(\frac{D_M - f_M \sqrt{1 - D_M^2 + f_M^2}}{1 + f_M^2} \right)$ $\alpha_{max} = 18.44008916 \text{ deg}$	Напомена: При овом прорачуну наведене величине се односе на I степен преноса мењача. Индекс M односи се на режим рада при максималном обртном моменту n_m .
2	Нагиб пута	$p_{max} = \tan(\alpha_{max}) \cdot 100 = \tan(18.44009) \cdot 100$	$p_{max} = 33.34 \%$
3	Динамички фактор	$D_M = \frac{F_{oM} + R_v}{G}$	$D_I = 0.476$ $D_{VII} = 0.0816$
4	Максимални отпор нагиба пута	$R_v = G \cdot \sin \alpha_{max}$	$R_{vmaxI} = 6206.059 \text{ N}$

Гранични успон и пад за случај подужног клизања и превртања возила:

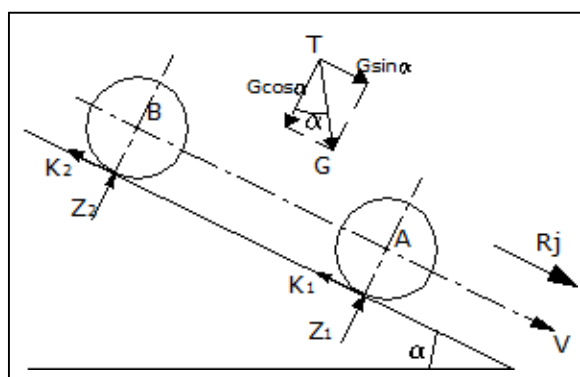


Слика 9.9 – Гранични успон [6]

Гранични успон савлађује се малом константном брзином ($v = 0, j = 0$)

Табела 9.17 – Услов клизања [6]			
Редни број	Називна величина	Прорачун клизања возила за гранични успон	Резултати прорачуна
1	Услов клизања	$F_{o2} = \varphi \cdot Z_2 \leq R_f + R_\alpha$ $\tan \alpha_k \geq \frac{\varphi \cdot b - f_0 \cdot l}{l - \varphi \cdot h_T} =$ $= \frac{0.75(1.299) - (0.01)(2.602)}{2.602 - 0.75(0.9)}$	$\tan \alpha_k \geq 0.48$ $\alpha_k = 25.64 \text{ deg}$
2	Услов превртања око задње осовине	$Z_1 = \frac{Gb \cos(\alpha) - Gh_T \sin(\alpha)}{l} \leq 0$ $\tan(\alpha_p) \geq \frac{b}{h_T} = \frac{1.299}{0.9}$	$\tan \alpha_k \geq 1.44$ $\alpha_k = 55.22 \text{ deg}$

Гранични пад:



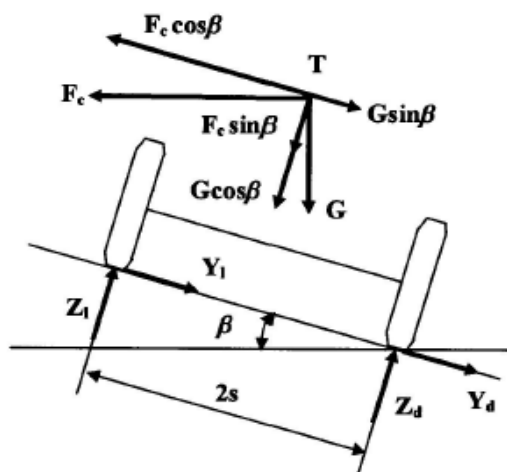
Слика 9.10 – Гранични пад [6]

Гранични пад се одређује при кочењу свим точковима на низбрдици:

$$K = K_1 + K_2 = \varphi \cdot Z_1 + \varphi \cdot Z_2$$

Табела 9.18 – Услови клизања [6]			
Редни број	Назив величине	Прорачун клизања возила за гранични пад	Резултати прорачуна
1	Услов клизања	$K = K_1 + K_2 \geq \varphi(Z_1 + Z_2)$ $K = (h_T/G \cdot a) \cdot K \cdot G \cdot \cos \alpha$ $\cos \alpha_k \leq K/(\varphi \cdot G)$ $\cos \alpha_k \leq \frac{14750}{0.75 \cdot 19620}$	$\cos \alpha_k \leq 0.99$ $\alpha_k = 44.71 \text{ deg}$
2	Услов превртања око предње осовине	$Z_2 \leq 0$ $Z_2 + R_\alpha h_T + R_{jk} h_T - G \cos \alpha \cdot a$ $Z_2 = (-G \sin \alpha \cdot h_T - R_{jk} h_T + G \cos \alpha \cdot a)/l$ $G \cos \alpha \cdot a - G \sin \alpha \cdot h_T - R_{jk} h_T \leq 0$ $G \cos \alpha \cdot a \leq h_T(G \sin \alpha + R_{jk})$ $\cos \alpha_p \leq (h_T/G \cdot a) \cdot K$ $\cos \alpha_p \leq \frac{0.9}{19620 \cdot 1.303} \cdot 14750$	$\cos \alpha_p \leq 0.519$ $\alpha_p = 27.43 \text{ deg}$
3	Прво настаје клизање ако је испуњен услов	$\alpha_k \leq \alpha_p$ $\cos \alpha_k > \cos \alpha_p$ $K/(\varphi \cdot G) > (h_T/G \cdot a) \cdot K$ $\varphi < a/h_T$ $0.75 < 1.45$	Код уобичајених конструкција возила, однос a/h_T је већи од 1, па је горњи услов увек задовољен, што значи да неће доћи до превртање возила.

Бочна стабилност:



Слика 9.11 – Бочна стабилност аутомобила [2]

Испитивање попречне стабилности возила које се креће у кривнини константног полупречника $R = 50$, m на попречно нагнутом путу контра нагиба $\beta = 10^\circ$. Према критеријуму попречне стабилности врши се прорачун критичнр брзине кретања возила.

Табела 9.18 – Превртање и клизање возила при одређеној брзини [6]

Редн и број	Назив величине	Прорачун клизања возила за гранични пад	Резултати прорачуна
1	Превртање око десних точкова	$v_{krp} = \sqrt{\frac{s \cdot \cos\beta - h_t \cdot \sin\beta}{h_t \cdot \cos\beta + s \cdot \sin\beta}} \cdot g \cdot R$ $v_{krp} = \sqrt{\frac{s - h_t \cdot \tan\beta}{h_t + s \cdot \tan\beta}} \cdot g \cdot R = \sqrt{\frac{0.779 - 0.9 \cdot \tan(10^\circ)}{0.9 + 0.779 \cdot \tan(10^\circ)}} \cdot 9.81 \cdot 50$	$v_{krp} = 17.3 \text{ m/s}$ $v_{krp} = 61.65 \text{ km/h}$
2	Бочно клизање	$v_{krk} = \sqrt{\frac{\varphi - \tan\beta}{1 + \varphi \cdot \tan\beta}} \cdot g \cdot R = \sqrt{\frac{0.75 - \tan(10^\circ)}{1 + 0.75 \cdot \tan(10^\circ)}} \cdot 9.81 \cdot 50$	$v_{krk} = 15.76 \text{ m/s}$ $v_{krk} = 56.75 \text{ km/h}$

Када је испуњен услов $v_{krk} < v_{krp}$, пре ће доћи до клизања возила, него до превртања, што значи да и у овом случају пре доћи до клизања. Што се тиче услова стабилности возила, увек боља могућност јесте да се пре превртања јави клизање, а што је и реално да се оствари.

10. Силуета радног места возача у програмском пакету CATIA

У машинству дефиниција стварања виртуелног прототипа подразумева идеју којом се замењују физички модели са софтверским моделима. Виртуелни прототип, или дигитални модел, представља компјутерску симулацију физичког производа, којом се може обликовати, анализирати и испитивати, реалнон физички модел. Процес конструкције и испитивања виртуелног прототипа називамо стварањем виртуелног прототипа. [1]

У програмском пакету CATIA конструисано је радно место возача, са свим потребним елементима: *седиште, волан, ручицу мењача, ножне папучице, ветробранско стакло.*

Затим је на основу анатомских углова седења постављен „манекен“ у одговарајућем положају, постављено седиште и одредеђен положај команди (волан, ручица мењача и др.) поштојући наведене анатомске углове. На следећим сликама може се видети радно окружење возача (ергосфера) из више различитих углова.



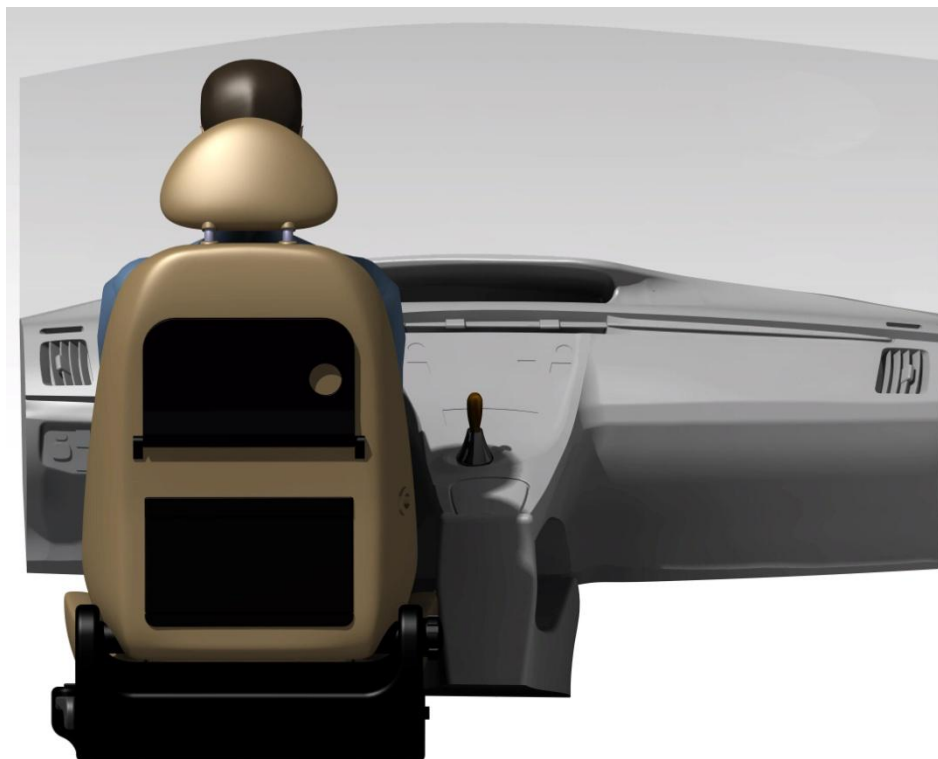
Слика 10.1 – Радно место возача (поглед бочно са десне стране)



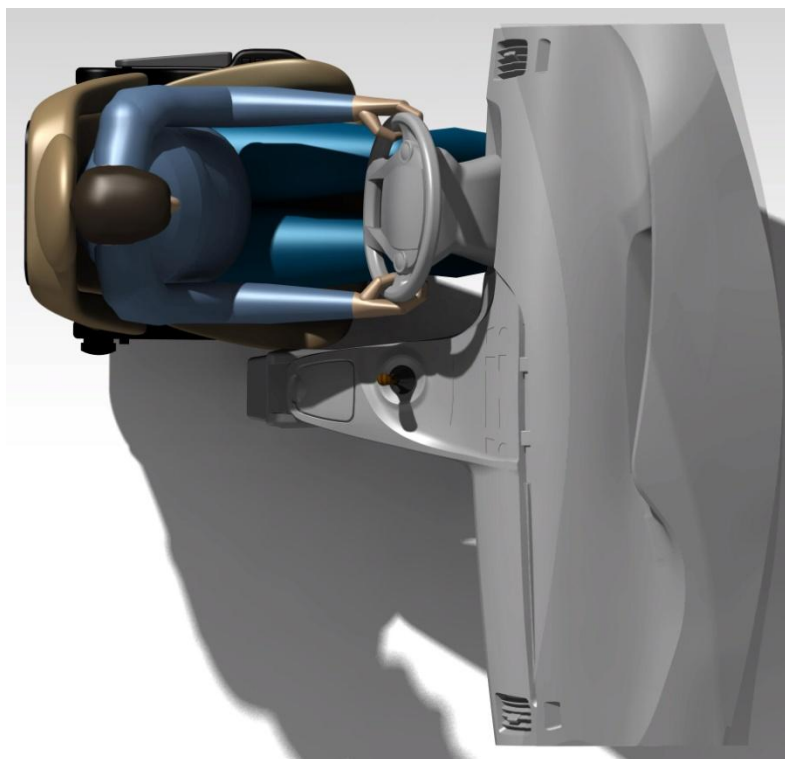
Слика 10.2 – Радно место возача (поглед бочно са леве стране)



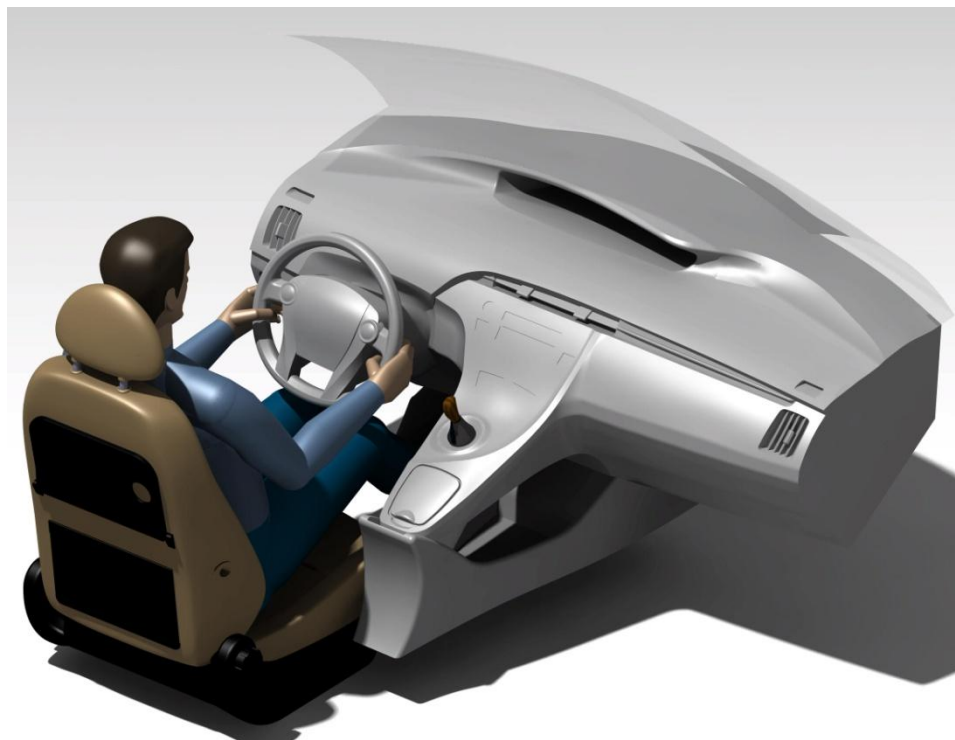
Слика 10.3 – Радно место возача (поглед од напред)



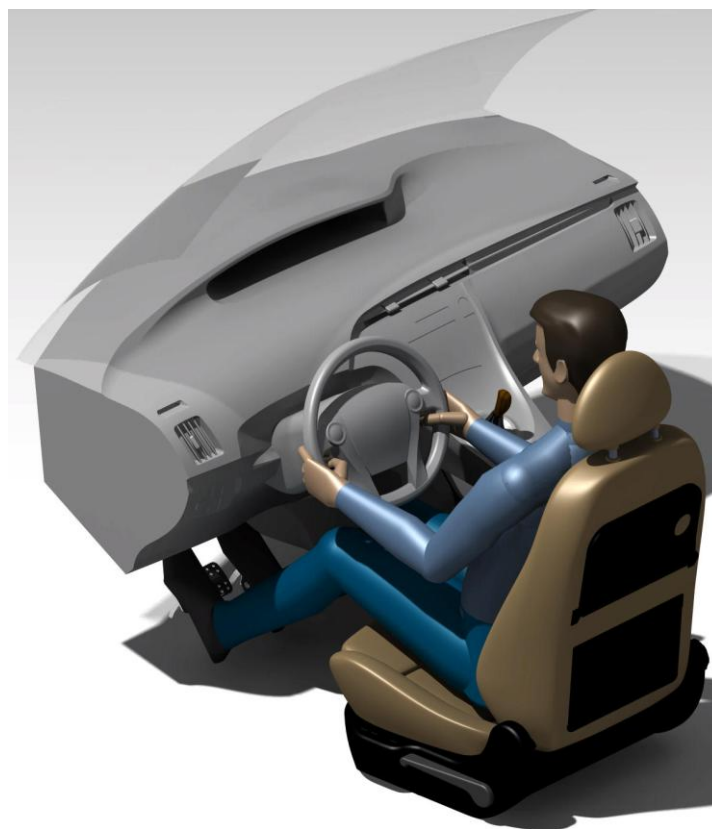
Слика 10.4 – Радно место возача (поглед од позади)



Слика 10.5 – Радно место возача (поглед изнад)



Слика 10.5 – Радно место возача (поглед бочно са десне стране – горњи десни угао)



Слика 10.6 – Радно место возача (поглед бочно са леве стране – горњи леви угао)

11. Закључак

Хибридна возила постају све заступљенија у друмском саобраћају и заузимају све већи удео у укупној производњи возила. Путничка возила на хибридни погон имају константан рад производње и продаје, а цена им је све нижа, због повластица при њиховој куповини.

Иако се на њиховом развоју све више ради, ипак се сматрају прелазним решењем са конвенционалних возила на возила са електро погоном или возила која користе неки од обновљивих избора енергије. Конвенционална возила емитују CO_2 у великим количинама, што има штетне последице по атмосферу. Хибридни аутомобили са тог аспекта повољни, јер дају значајан допринос смањењу емисије штетних гасова, а када се возило креће у електро моду емисија једнака нули. Хибридни погон је у односу на конвенционални има бољу економичност и миран рад, али и има и сложенију технологију израде. Мања бука коју производе хибридна возила у граду је предност ових возила, али са друге стране су готово нечујна за пешаке, што може утицати на њихову безбедност.

Хибридна возила имају значајнију улогу у аутоиндустрији, а у будућности ће њихов значај свакако бити већи. Реномирани произвођачи дају све више информација о возилима на хибридни погон, али још увек чувају потенцијал ове технологије, како би са падом производње фосилних горива њиховом масовном производњом вратили уложени капитал.

Хибридна возила ће се и даље развијати, али се могу очекивати мањи трошкови израде делова, целокупне производње и одржавања хибридних возила. Повећањем конкуренције на тржишту, произвођачи повећавају број нових модела хибридних возила, различите класе, а самим тим цена хибридних возила опада, па се у ближој будућности очекује да хибридна возила буду доступна купцима по ценама комерцијалних возила.

Предвиђања су да ће до 2050. године у друмском саобраћају бити заступљена само путничка хибридна возила или потпуно електрична возила. Ипак, остаје да се види да ли је тако нешто оствариво, имајући у виду тренутни тренд развоја и неприкосновеност конвенционалних возила, која имају убедљиво највећу примену.

Анализирајући путничка хибридна возила кроз рад, лако се може закључити да су постојећа хибридна возила углавном возила ниже и више средње класе, намењена широј популацији људи, тзв. „средњој класи“. Такође, уочено је да број хибридних возила у овом делу Европе занемарљив, што оставља могућност производње и плансана неког новог модела, који би према својој класи, цени и економској исплативости могао да уђе у широку примену.

Литература:

- [1] Демић М.: Пројектовање путничких аутомобила, Машински факултет у Крагујевцу, 2004;
- [2] Fuhs A.: Hybrid vehicles and future of personal transportation, CRC Press, 2009;
- [3] Stan C.: Alternative Antriebefür Automobile, Springer – Verlag Berlin Heidelberg, 2012;
- [4] Пешић Р.; Погонски и мобилни системи (предавање 7.2 – www.moodle.mfkg.rs), Факултет инжењерских наука Крагујевац, школска 2010/2011;
- [5] Стефановић А.; Друмска возила – основи конструкције, Машински факултет Ниш, 2010;
- [6] Ј. Глишовић; Упутство за израду прорачуна перформанси и стабилности возила из предмета Пројектовање моторних возила, школска 2013/2014;
- [7] Hybrid and Electric Vehicles, IEA – International Energy Agency, 2009, (www.ieahev.org), приступљено 22.4.2014.;
- [8] Мустафић И.: Хибридна возила, Институт за привредни инжењеринг д.о.о Зеница. БиХ, 2011;
- [9] Saxena H.: Hibrid Cars, Indo German Winter Academy, 2011, (www.leb.eei.uni-erlangen.de), приступљено 24.4.2014.;
- [10] Brahmachari R.: Hybrid Cars, Indo German Winter Academy, 2010, (www.leb.eei.uni-erlangen.de), приступљено 24.4.2014.;
- [12] Хибридна возила, Саобраћајни факултет Београд, 2007, (www.motorna-vozila.com) приступљено 26.4.2014.;
- [13] Toyota Hybrid System(PDF), Токио – Јапан, 2003, (www.evworld.com), приступљено 30.4.2014.;
- [14] Livint G., Horga V., Roati M., Albu M.: Control of Hybrid Electric Vehicles, Gheroghe Asachi Technical University Iasi, Romania, 2011, (www.cdn.intechopen.com), приступљено 1.5.2014.;
- [15] Catthoor R., Beeckman F.: CarEcology: New Technological and Ecological Standards in Automotive Engineering, Module 3. Alternative Drive Systems, 9. Implementation of hybrid cars: Honda Civic Hybrid IMA-system, Antwerp – Belgium, (<http://www.ae.pwr.wroc.pl>), приступљено 2.5.2014.;
- [16] Hybrid Electrical Vehicles (PDF), 2010, (www.ieahev.org), приступљено 2.5.2014.;
- [17] Case study: Toyota Hybrid Synergy Drive (PDF), 2012, (www.ae.pwr.wroc.pl) приступљено 3.5.2014.;
- [18] Марјановић З., Брзаковић Р.: Безбедност и одржавање возила на електрични погон, 38. Национална конференција о квалитету, FQ 2011;
- [19] Hybrid electric and battery electric vehicles (PDF), Sustainable energy Ireland, 2007, (www.seai.ie), приступљено 5.5.2014.;
- [20] Правилник о подели моторних и прикључних возила и техничким условима за возила у саобраћају на путевима.

Интернет странице:

- [21] www.cigre.me, приступљено 1.5.2014.;
- [22] www.automobilizam.org, приступљено 2.5.2014.;
- [23] www.europa.eu, приступљено 9.5.2014.;
- [24] www.the-blueprints.com, приступљено 10.5.2014.;
- [25] www.vehicledynamicsinternational.com, приступљено 16.5.2014.;
- [26] www.motor-talk.de, приступљено 17.5.2014.;
- [27] www.porsche.com, приступљено 17.5.2014.;
- [28] press.porsche.com, приступљено 17.5.2014.;

- [29] www.bmw.com, приступљено 19.5.2014.;
- [30] www.toyota.com, приступљено 19.5.2014.;
- [31] www.all-electric-vehicles.com, приступљено 20.5.2014.;
- [32] www.mitsubishi.com, приступљено 20.5.2014.;
- [33] insideevs.com, приступљено 20.5.2014.;
- [34] www.altfuels.org, приступљено 24.5.2014.;
- [35] www.stat.gov.rs, приступљено 24.5.2014.;
- [36] www.mercedes-benz.com, приступљено 1.6.2014.;
- [37] www.daimler.com, приступљено 1.6.2014.;
- [38] www.volkswagen.rs, приступљено 6.6.2014.;
- [39] www.vw.com, приступљено 6.6.2014.;
- [40] www.zf.com/corporate/en/, приступљено 10.6.2014.;
- [41] www.autos.ca, приступљено 10.6.2014.;
- [42] www.youwheel.com, приступљено 12.6.2014.;
- [43] www.sensethecar.com, приступљено 12.6.2014.;
- [44] www.khulsey.com, приступљено 14.6.2014.;
- [45] www.caricos.com, приступљено 15.6.2014.;
- [46] <http://panasonic.net/sanyo/>, приступљено 19.6.2014.;
- [47] www.conti-online.com, приступљено 20.6.2014.;
- [48] www.viamichelin.com, приступљено 20.6.2014..