Hibridni pogon automobila

Zovko-Ribić, Frano

Undergraduate thesis / Završni rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek / Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Fakultet elektrotehnike, računarstva i informacijskih tehnologija Osijek**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:200:657910

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

Repository / Repozitorij:

Faculty of Electrical Engineering, Computer Science and Information Technology Osijek

zir.nsk.hr

Image not found or type unknown

SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNRASTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Sveučilišni preddiplomski studij

HIBRIDNI POGON AUTOMOBILA

Završni rad

Frano Zovko-Ribić

Osijek. 2016.

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

Obrazac Z1P - Obrazac za ocjenu završnog rada na preddiplomskom sveučilišnom studiju

Osijek, 15.06.2016.

Odboru za završne i diplomske ispite

Prijedlog ocjene završnog rada

Ime i prezime studenta:	Frano Zovko-Ribić
Studij, smjer:	Preddiplomski sveučilišni studij Elektrotehnika
Mat. br. studenta, godina upisa:	3802, 2013.
OIB studenta:	37057935840
Mentor:	Izv.prof.dr.sc. Tomislav Barić
Sumentor:	
Naslov završnog rada:	Hibridni pogon automobila
Znanstvena grana rada:	**Elektrohehnika**
Predložena ocjena završnog rada:	Izvrstan (5)
Kratko obrazloženje ocjene prema Kriterijima za ocjenjivanje završnih i diplomskih radova:	Primjena znanja stečenih na fakultetu: 2 Postignuti rezultati u odnosu na složenost zadatka: 3 Jasnoća pismenog izražavanja: 3 Razina samostalnosti: 3
Datum prijedloga ocjene mentora:	24.06.2016.
Datum potvrde ocjene Odbora:	13.07.2016.

Potpis mentora za predaju konačne verzije rada u Studentsku službu pri završetku studija:	Potpis:
	Datum:

FAKULTET ELEKTROTEHNIKE, RAČUNARSTVA I INFORMACIJSKIH TEHNOLOGIJA OSIJEK

IZJAVA O ORIGINALNOSTI RADA

Osijek,15.06.2016

Ime i prezime studenta:	Frano Zovko-Ribić
Studij :	Sveučilišni preddiplomski studij
Mat. br. studenta, godina upisa:	3802, 2013.
Ephorus podudaranje [%]	

Ovom izjavom izjavljujem da je rad pod nazivom:
HIBRIDNI POGON AUTOMOBILA

izrađen pod vodstvom mentora izv.prof.dr.sc. Tomislava Barića.

moj vlastiti rad i prema mom najboljem znanju ne sadrži prethodno objavljene ili neobjavljene pisane materijale drugih osoba, osim onih koji su izričito priznati navođenjem literature i drugih izvora informacija.
Izjavljujem da je intelektualni sadržaj navedenog rada proizvod mog vlastitog rada, osim u onom dijelu za koji mi je bila potrebna pomoć mentora, sumentora i drugih osoba, a što je izričito navedeno u radu.

Potpis studenta:



SADRŽAJ:

1.UVOD ... 1

1.1. Zadatak završnog rada ... 1

2.HIBRIDNI POGON AUTOMOBILA ... 2

2.1. Dijelovi hibridnog pogonskog sustava ... 2

2.1.1. Elektromotor ... 3

2.1.2. Inverter i konverter ... 6

2.1.3. Kontoler ... 8

2.1.4. Baterije ... 8

3. IZVEDBE HIBRIDNIH POGONA AUTOMOBILA ... 13

3.1. Serijski ... 13

3.2. Paralelna izvedba hibridnih automobila ... 14

3.3. Serijsko-paralelna izvedba ... 15

3.4. Plug-in hibridi ... 16

3.4.1. Punjiva hibridna vozila sa paralelnim hibridnih sustavom (PHEV) ... 17

3.4.2. Punjiva hibridna vozila sa serijskim hibridnim sustavom (E-REV) ... 18

3.5. Prednosti i nedostaci hibrida ... 21

4. REGULACIJE OVISNO O REŽIMU VOŽNJE ... 22

4.1. Pokretanje ... 22

4.2. Sporija vožnja ... 23

4.3. Vožnja pri stalnoj (višoj) brzini ... 24

4.4. Pretjecanje ... 25

4.5. Kočenje ... 26

5. INFRASTRUKTURA ZA PUNJENJE HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA ... 27

6. UTJECAJ PUNIONICA NA ELEKTRONERGETSKU MREŽU ... 31

7. PRODAJA I POTICAJI ZA HIBRIDNA VOZILA U SVIJETU I HRVATSKOJ ... 32

7.1. Svijet ... 32

7.2. Hrvatska ... 34

7.3. Najprodavaniji modeli u Hrvatskoj za 2014. ... 35

7.4. Ostali najpoznatiji modeli hibridnih automobila ... 36

ZAKLJUČAK ... 43

POPIS KORIŠTENE LITERATURE ... 44

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SIMBOLA ... 46

SAŽETAK/ ABSTRACT ... 47

ŽIVOTOPIS ... 48

1.UVOD

Kroz cijelu povijest čovjek teži ka olakšanju i unapređenju prijevoza, prvenstveno sebe a potom sirovina te ostalih nužnih stvari. 19.stoljeće predstavlja prekretnicu u razvoju modernog prijevoza izumom motora sa unutarnjim izgaranjem (MUI). S tim izumom se rađa nova automobilska industrija koja vrlo brzo predstavlja bitan gospodarski i ekonomski faktor gotovo svih razvijenih zemalja.

Međutim, unatoč mišljenju većine ljudi da su električna i hibridna vozila stvar današnjice, odnosno nečega što je tek odnedavno kročilo u našu industriju i svakodnevicu, ta pomisao i nije u cjelosti točna. Električna vozila su se pojavila usporedno sa vozilima s unutarnjim izgaranjem. Naime, jedno od glavnih prijevoznih sredstava toga doba su bili tramvaji koji su sami po sebi bili električna vozila te su tadašnji izumitelji htjeli koristiti upravo takav električni pogon za pokretanje vozila pošto je tehnologija električnih tramvaja bila jako razvijena.

Početkom 20.stoljeća motori s unutarnjim izgaranjem gotovo da izbacuju električna vozila sa scene. Najveći razlozi za to su brzina i snaga takvih vozila, te na kraju uvođenje električnog pokretača takvih motora što najviše doprinosi ugodnosti vožnje s takvim vozilima.

Energetska kriza u drugoj polovici 20.stoljeća dovodi do ponovnog ulaganja i istraživanja u električna vozila. Glavni nedostatak električnih vozila je bio domet samih vozila. Kao svojevrsni kompromis tih nedostataka dolazi do izuma hibridnog pogonskog automobila koji predstavlja spoj i električnog motora i motora s unutarnjim izgaranjem.

1.1. ZADATAK ZAVRŠNOG RADA

U ovom završnom radu je potrebno opisati i analizirati izvedbe hibridnih pogona automobila, opisati performanse, prednosti i nedostatke pojedinih izvedbi hibridnih pogona. Također, opisati i sustave regulacije brzine, momenta i distribucije snage. Uz to dati pregled primjenjivanih elektromotora u hibridnim pogonima automobila te cijeli sadržaj popratiti odgovarajućim skicama, slikama i shemama.

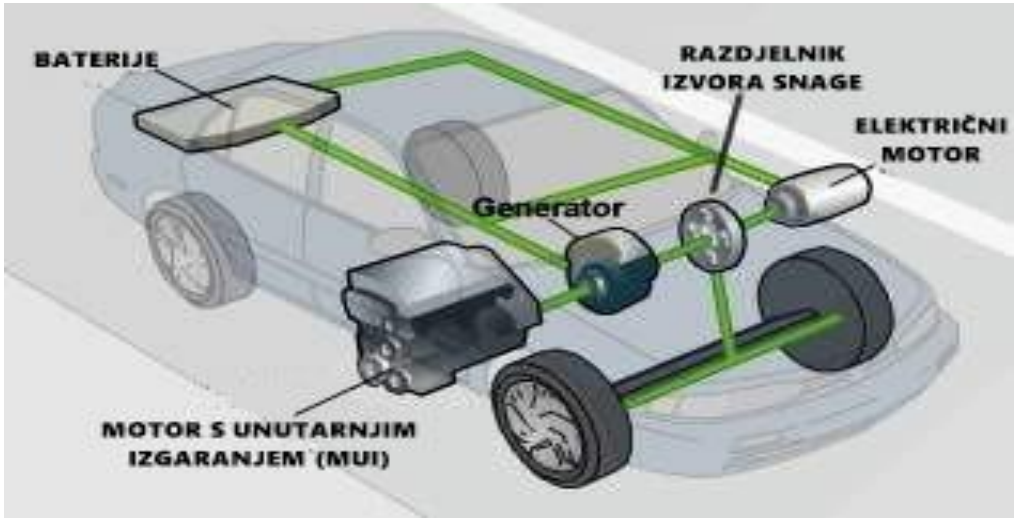
2.HIBRIDNI POGON AUTOMOBILA

Hibridni pogon automobila jest naziv koji označava pokretanje automobila pomoću više različitih izvora energije, prvenstveno električnog motora (akumulator) te motora s unutarnjim izgaranjem te objedinjuje prednosti oba izvora ovisno o tipu vožnje odnosno režimu rada. Zahtjevi mogu biti raznovrsni pa tako i kombinacija rada dvaju motora kako bi se ispunili ti isti zahtjevi kao na primjer ekonomičnija potrošnja goriva, potreba za većom snagom ili čak dodatna pomoćna snaga za elektronske naprave unutar automobila. Jedna od najbitnijih razlika između hibridnih pogonskih automobila i samih električnih automobila je u njihovim baterijama i punjenju i pražnjenju akumulatora. Kod hibridnih automobila je bitnija mogućnost bržeg punjenja i pražnjenja akumulatora nego postizanje velikih snaga kao što je to slučaj kod električnih automobila. Kapacitet akumulatora je manji kod hibridnih nego kod električnih automobila iako je tehnologija hibridnih automobila gotovo u cjelosti razvijena te bi oni mogli u kombinaciji s električnim automobilima u poptunosti zamijeniti klasične automobile u budućnosti [1].

2.1. DIJELOVI HIBRIDNOG POGONSKOG SUSTAVA

Kompletan pogonski sutav hibridnog automobila (Slika 2.1. [2]) čine:

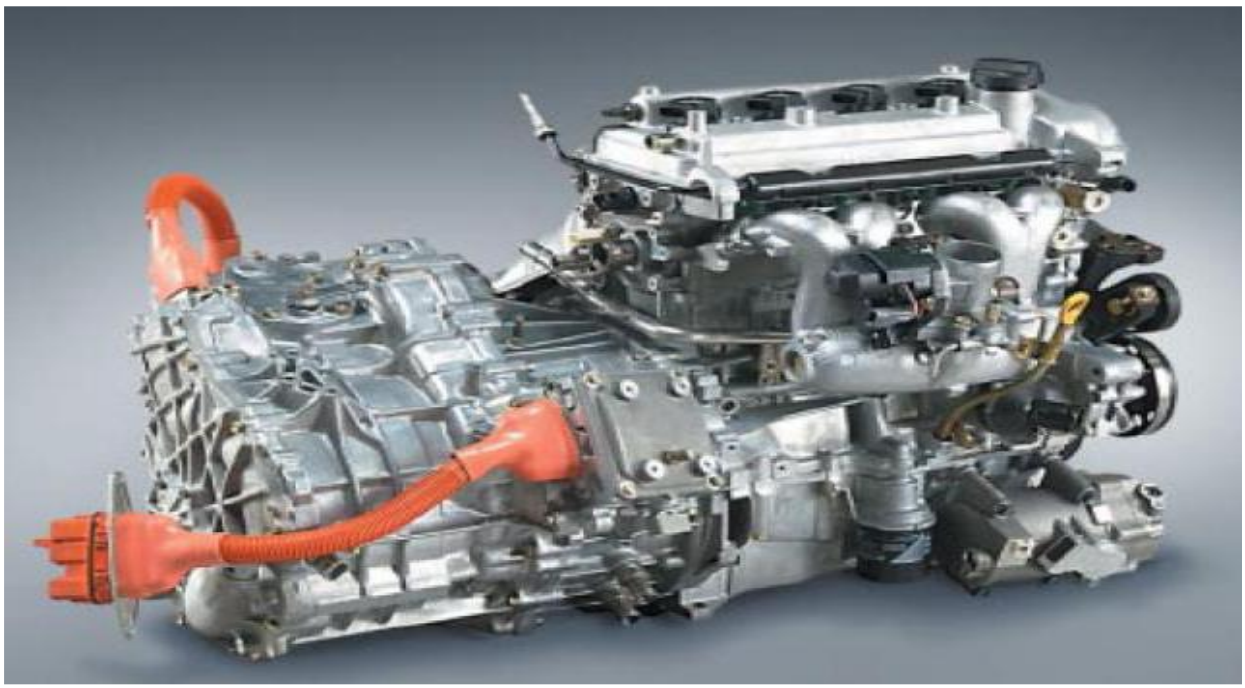
- motor s unutarnjim izgaranjem,
- električni generator,
- električni motor,
- razdjelnik izvora snage ili engl. Power Split Device (PSD),
- akumulatorske baterije.



Slika 2.1 Dijelovi hibridnog automobila

2.1.1. ELEKTROMOTOR

Elektromotor (Slika 2.2. [3]) predstavlja najveću razliku između hibridnih i klasičnih automobila. Današnji elektromotori nude niz pogodnosti za korisnike kao što su smanjena potrošnja goriva i emisija ispušnih plinova, vrlo brzo i tiho uključivanje motora, pohrana električne energije putem kočenja, poboljšana dinamika vožnje zahvaljujući regulaciji ubrzanja i slično.



Slika 2.2. Elektromotor

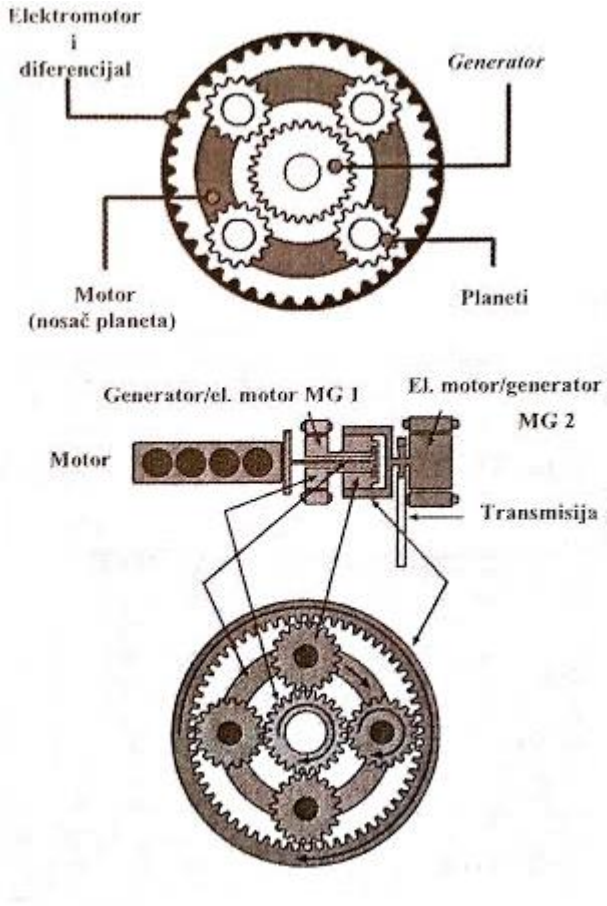
Maksimalna brzina automobila najviše ovisi o snazi motora. U tablici (2.1) [3] se mogu vidjeti orijentacijske vrijednosti minimalne snage motora potrebne za održavanje željene brzine. Ako stavimo jači motor to za sobom povlači i potrebu za povećanjem kapaciteta baterija.

Tablica 2.1. Omjer snage motora i brzine koja se može dobiti.

Snaga	Brzina
5 kW	60-70 km/h
7,5 kW	70-80 km/h
10 kW	80-100 km/h
20 kW	100-120 km/h
35 kW	120-140 km/h
60 kW	140-160 km/h

Prema izabranom motoru bira se kontroler. Kontroler je uređaj koji upravlja radom motora, bez njega je elektromotor praktički neupotrebljiv. Izbor kontrolera jednako je važan kao i izbor motora. Ni najbolji motor s loše usklađenim kontrolerom neće dati dobre rezultate [3].

Sklop koji povezuje klasični motor s elektromotorom i transmisijom automobila je poznat pod nazivom razdjelnik izvora snage ili engl. Power Split Device (PSD). PSD je zapravo uređaj koji razdvaja i sjedinjuje pogonske aagregate. Na slici 2.3. [3] je prikazan hibrid s planetarnim sklopom zupčanika koji omogućuje nezavisan pogon vozila preko glavnog motora ili elektromotora te po potrebi oba.



Slika 2.3. Planetarni sklop zpučanika

Motor s unutarnjim izgaranjem je spojen s nosačem zupčanika zvanih planeti, a ponekad i sateliti. Okrećući se pri radu, motor ima tendenciju okretanja vanjskog zupčanika planetarnog sklopa spojenog na transmisiju i središnjeg zupčanika (sunce) spojenog na generator MG1 (motor/generator 1). Raspodjela snage motora na pogon vozila i generator MG1 obično iznosi 72:28 %. Taj odnos riješen je brojem zubi na vanjskom zupčaniku i suncu. Drugim riječima, motor će utrošiti 72 % svoje snage na pogon vozila a 28 % na generator. Ovaj odnos se može mijenjati ovisno o režimu vožnje. Pri vožnji ujednačenim tempom bez većeg opterećenja, motor će koristiti manje snage za pokretanje vozila, a više za generiranje električne energije. Računalo će uvijek voditi računa o snazi generirane struje kako bi opterećenje motora generatorom bilo uravnoteženo. Za vrijeme mirovanja vozila motor i dalje okreće nosač s planetima koji se upiru o vanjski zupčanik a okreću sunce (odnosno generator).

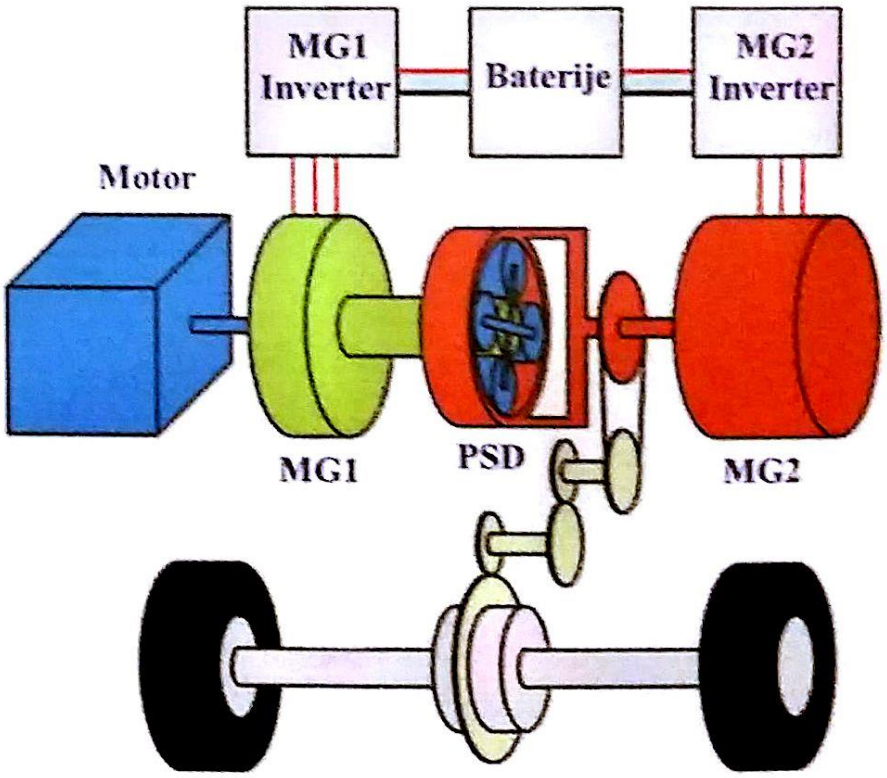
Kada se vozilo pokreće elektromotorom MG2 (motor/generator 2) spojenim direktno na vanjski zupčanik, planeti se okreću oko svoje osovine na nosaču spojenim s benzinskim ili dizel-motorom koji u tom trenutku ne radi. U ovoj situaciji će sateliti okretati i sunce, a njime i generator a isključit

će se generator kojeg pokreće sunce. To bi značilo da imamo situaciju pogona vozila elektromotorom nevezanu za mirovanje motora vozila.

Vožnja elektromotorom je prikladnija za manje brzine pa se povećanjem brzine (na 60 km/h), računalom opterećuje generator i situacija u planetarnom sklopu se mijenja. Nakon opterećenja središnjeg zupčanika sunca, sateliti ga više neće moći lagano okretati već će se uprijeti o svoj nosač koji je spojen s motorom vozila. U nemogućnosti okretanja sunca, sateliti će se okretati zajedno s velikim zupčanikom, pokrenuti nosač satelita a on motor vozila. Motoro vozila će pokretati vozilo zajedno s elektromotorom ili zasebno pri pokretanju.

Kod većine hibrida je ugrađen varijabilni mjenjač. Kada vozimo automobil pomoću elektromotora, ne koristimo klasični mjenjač (manualni ili automatski). Veliki zupčanik satelitskog sklopa direktno je spojen s diferencijalom, a brzina okretaja elektromotora diktira brzinu vozila.

Oba generatora/motora su spojena preko invertera. Oni reguliraju protok struje iz MG1 direktno u MG2 ili u baterije, kao i protok struje iz baterija u MG2 ili iz njega u baterije prilikom usporavanja vozila (Slika 2.4. [3]).



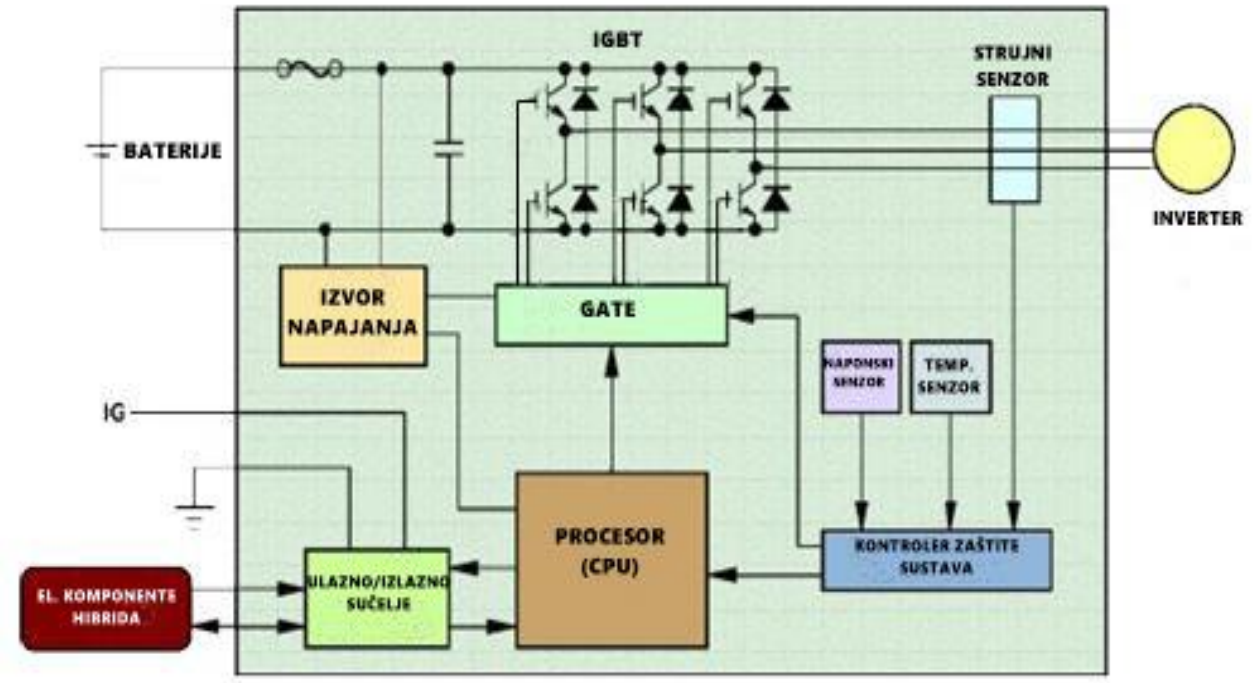
Slika 2.4. Prikaz prostorne raspodjele MG1,MG2 i baterija

Zbog dodatne pomoći elektromotora za povećanje snage, u hibridna vozila možemo ugrađivati štedljivije motore male snage. Za umjerenu vožnju na otvorenoj cesti će takav motor zadovoljavati svojom snagom a istovremeno biti vrlo štedljiv u potrošnji goriva i ekološki prihvatljiv. Zatrebamo li više snage zbog ubrzanja, uključuje se elektromotor MG2 koji se napaja energijom direktno iz

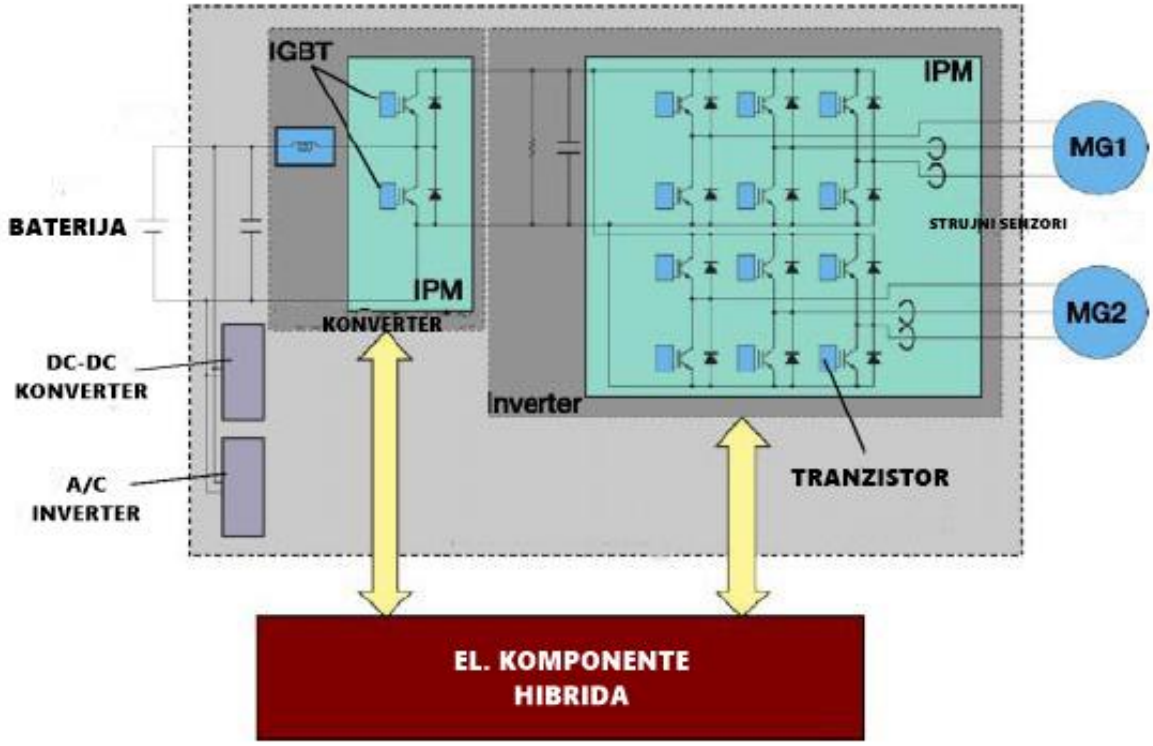
MG1. MG2 će povući dodatnu energiju ako je potrebna iz baterija. Za korištenje maksimalne snage su uključena sva tri agregata te se u tom slučaju oba elektromotora napajaju iz baterija. Generiranu struju u baterijama koristimo za vožnju samo elektromotorom u situacijama gradske vožnje čime pravimo uštede goriva a i pridonosimo ekologiji [3].

2.1.2. INVERTER I KONVERTER

Inverter i konverter kombinirano kao jedna cjelina upravljaju snagom i punjenjem električnih krugova u hibridnim automobilima. Baterije osiguravaju istosmjernu struju (DC) i ona mora biti pretvorena u izmjeničnu struju koja je potrebna motoru za rad pomoću elektronike samog sustava automobila. Zajedničko hibridnim i električnim automobila je da koriste baterije poprilično niskog izmjeničnog napona koji iznosi oko 210 V kako bi njihova veličina bila što manja a samim time i omogućen veći prostor u automobilu. Hibridi općenito koriste generatore i motore visokog izmjeničnog napona (AC) koji iznosi oko 650 V te je upravo zadaća invertera i konvertera da te različite vrste napona i struja unutar automobila uskladi te da cijeli sustav radi kao cjelina. Inverter (Slika 2.5. [4]) ima zadaću da visoko-naponsku istosmjernu struju iz baterija invertira u trofaznu izmjeničnu struju potrebnu motoru [4].

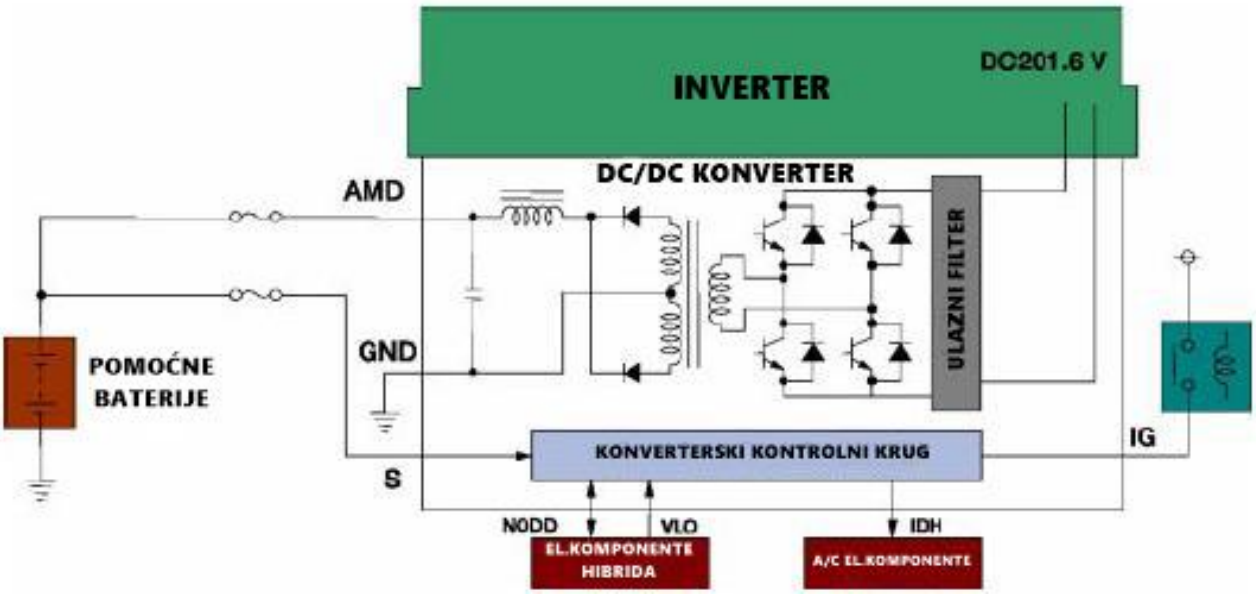


Slika 2.5. Inverter (Shematski prikaz)



Slika 2.6. Konverter (Shematski prikaz)

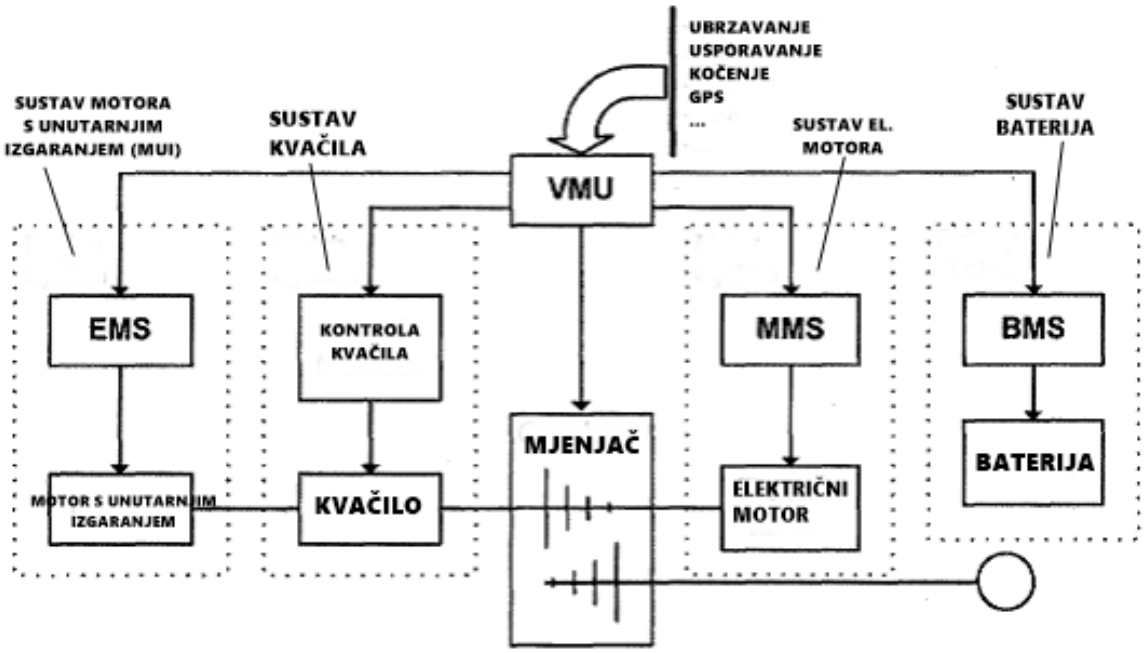
Konverter pojačanja napona koji je prikazan na slici 2.6. [5] intenzivno povećava isporuku normalnog istosmjernog napona (201,6 V) kako bi po potrebi ispunio motore i generatore. Konverteri zapravo povećavaju efikasnost cijelog sustava automobila. Kao što vidimo na slici 2.7. [5] DC/DC konverter spušta napon iz baterija sa 201,6 V na 14 V kako bi ga mogle koristiti elektroničke komponente u automobilu [4].



Slika 2.7. Prikaz kombiniranog djelovanja invertera i konvertera

2.1.3. KONTOLER

Za kontroler se slobodno može reći da je „mozak“ hibridnog automobila. On je prisutan u gotovo svim aktivnostima automobila, od regenerativnog kočenja, punjenja, pokretanja, itd. Kao što je vidljivo na slici 2.8. [4] proces djelovanja kontrolera počinje tako što on prikuplja i obrađuje potrebne podatke iz ostalih sustava automobila, zatim na temelju njih donosi odluku o daljnjem djelovanju te na kraju uspostavlja vezu sa odgovarajućom skupinom sustava koji su potrebni za izvršenje željene aktivnosti. Isto tako, kontroler nadgleda sve aktivnosti konvertera i invertera pri balansiranju potreba za snagom kod većine četrnaest voltnih električnih komponenti i visokih napona [4].

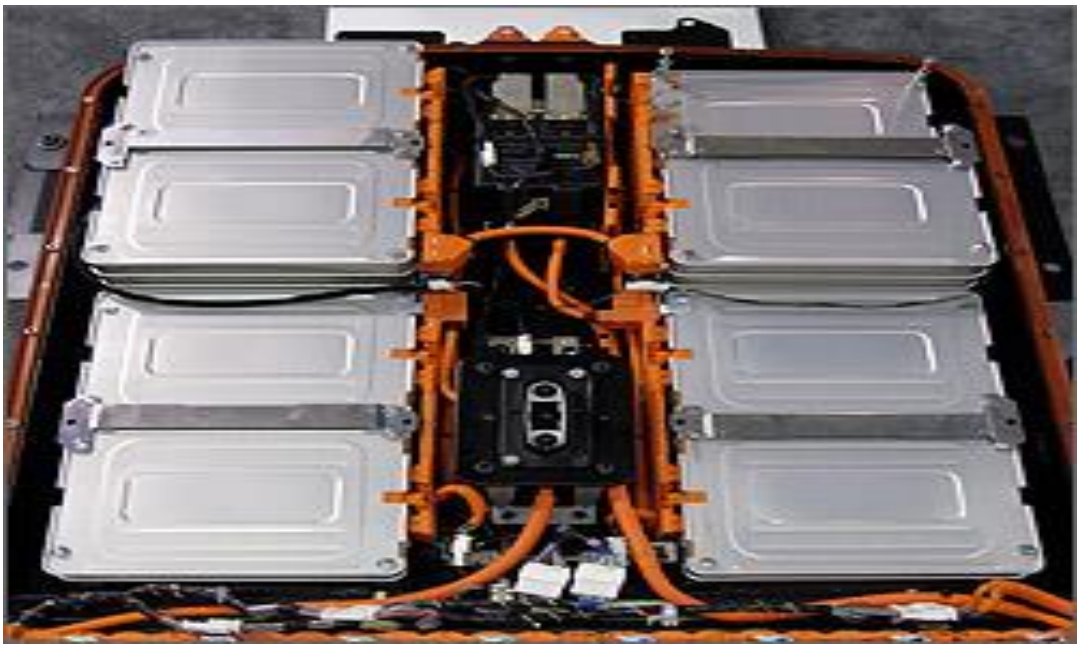


Slika 2.8. Kontroler

2.1.4. BATERIJE

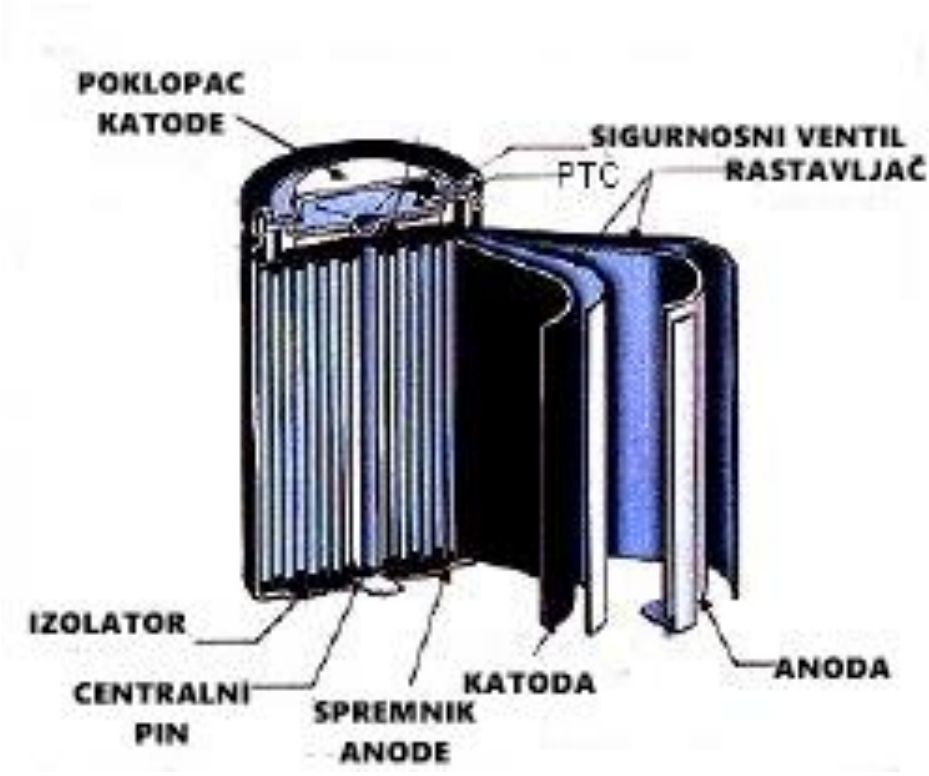
Sustavi za skladištenje energije (baterije) prikazani na slici 2.9. [6] su neophodni za električna vozila kao što su hibridni automobili (HEV), plug-in hibridni automobili (PHEV) i svi električni automobili (EV). Skladištenje energije predstavlja glavni razlog sporog razvoja električnih automobila. Početkom razvoja električnih automobila koristile su se olovne baterije, ali su se zbog relativno loših karakteristika takvih baterija, na tržištu pojavile nove baterije zasnovane na litiju.

Princip rada baterija se temelji na tome da su ionizirani elementi jedne elektrode u kemijskom stanju gdje su lako privučeni za kombiniranje s drugim molekulama, emitirajući elektrone (energiju) u tom procesu. Ti elementi su pogurani kroz elektrolit i separator prema suprotnim elektrodama. Ioni anode (negativne elektrode) otpuštaju elektrone; pozitivni ioni dolaze prema anodi i primaju elektrone, otpušteni elektroni putuju kroz strujni krug, stvarajući nabojni tok u suprotnom smjeru od toka iona. Tijekom punjenja, struja ima suprotan predznak te ulazi natrag u bateriju, preokrećući cijeli proces.

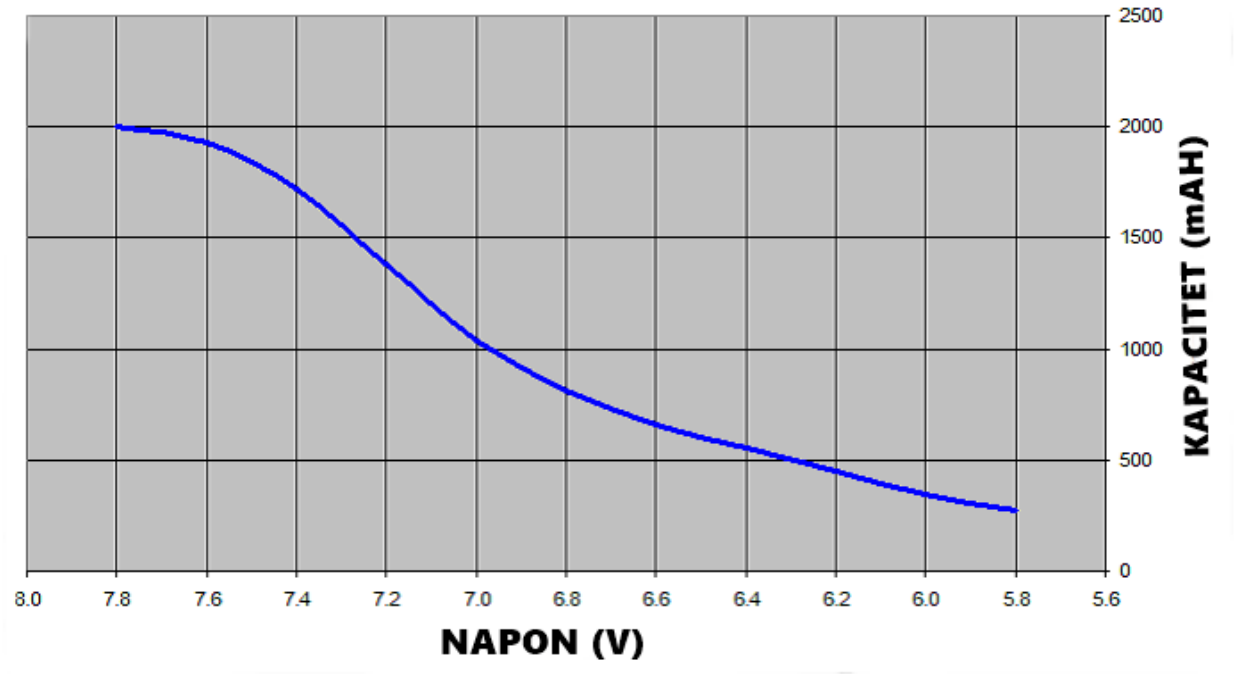


Slika 2.9. Baterije

Litij-ionske baterije prikazane na slikama 2.10. [4] i 2.11. [7] se trenutno najviše koriste u većini prijenosnih električnih uređaja kao što su mobilni telefoni i prijenosna računala upravo po njihovom povoljnom omjeru visoke energije po jedinici mase u odnosu na druge sustave skladištenja energije. Isto tako imaju veliki omjer snage po težini i dobre visoko temperaturne performanse. Većina uređaja s litij-ionskim baterijama mogu biti reciklirane. Većina današnjih plug-in hibridnih automobila i električnih automobila koriste litij-ionske baterije. Daljnja istraživanja sve više dovode do smanjenja troškova takvih baterija i produženja vijeka trajanja [6].



Slika 2.10. Presjek Litij-ionske baterije

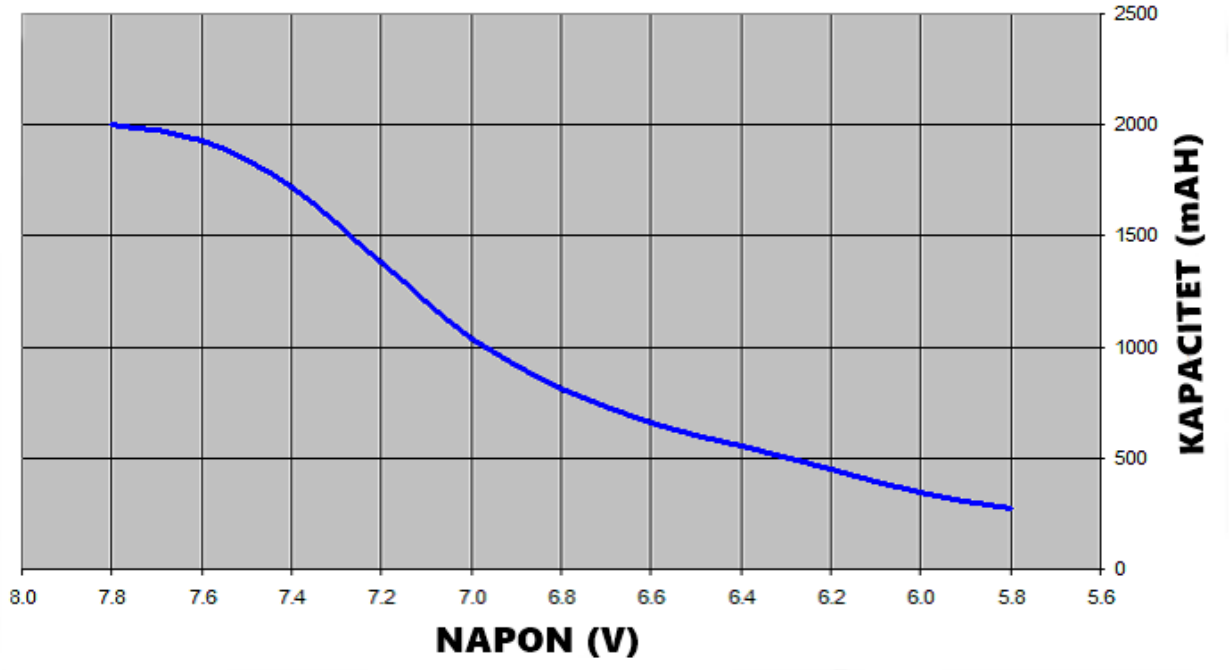


Slika 2.11. Grafički prikaz odnosa napona i kapaciteta Litij-ionskih baterija

Nikal-metal hidridne (NiMH) baterije prikazane na slikama 2.12 [8]. i 2.13. [7] imaju puno duži vijek trajanja od ostalih tipova baterija i vrlo su sigurne za korištenje te se puno brže pune od ostalih. Te baterije su uspješno korištene u svim električnim vozilima i u širokoj su upotrebi što se tiče hibridnih automobila. Glavni nedostatak ovih baterija je njihova cijena te gubici topline, tj., nedostatna efikasnost te isto tako vrlo slabi rezultati pri niskim temperaturama [6].



Slika 2.12. Nikal-metal hidridne (NiMH) baterije



Slika 2.13. Grafički prikaz odnosa napona i kapaciteta nikal-metal hidridmih (NiMH) baterija

U tablici 2.2. [9] možemo vidjeti neke od važnijih karakteristika više vrsta baterija

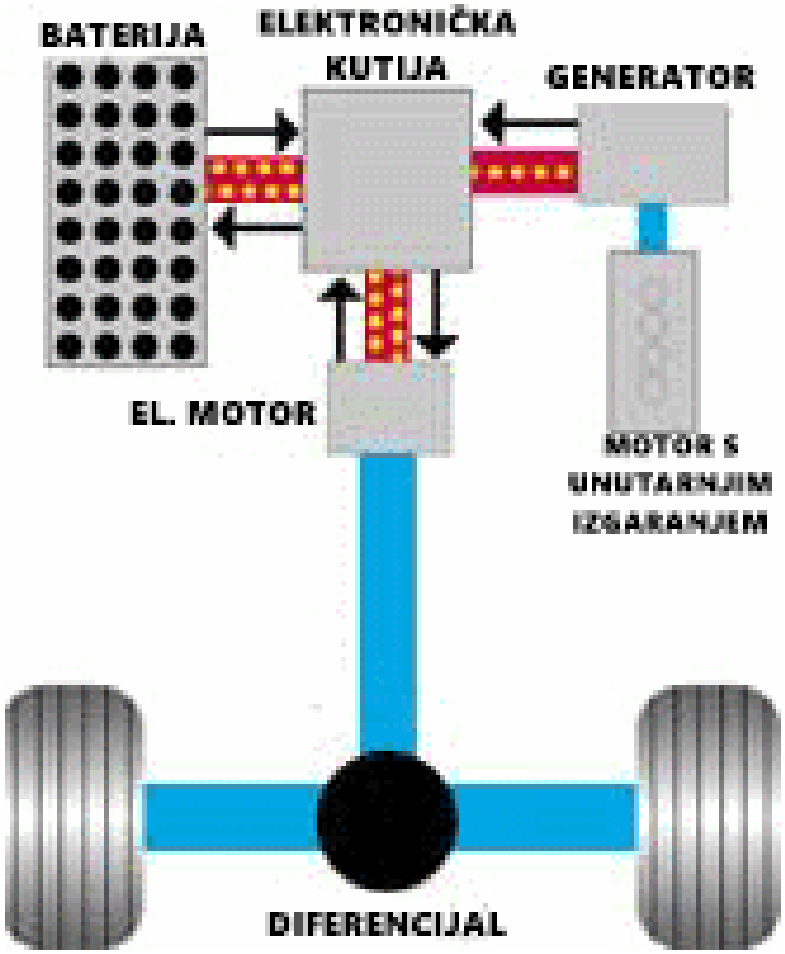
Tablica 2.2. Karakteristike ostalih vrsta baterija

	Pb/ac	Ni/Cd	NiMH	Li-ion	Li/p	$Na/NiCl_2$
Specifična energija [kWh/kg]	35-40	55	70-90	125	155	80
Specifična snaga [W/kg]	80	120	200	260	315	145
Gustoća energije [Wh/m^3]	0	90	90	200	165	130
Razdoblje djelovanja [broj punjenja]	300	1000	600	+600	+600	600
Vrijeme punjenja [h]	6-8	6-8	6	4-6	4-6	4-6
Doseg [km]	75	100	200	200	250	200

3. IZVEDBE HIBRIDNIH POGONA AUTOMOBILA

3.1. SERIJSKI

Kod serijskog hibridnog automobila (Slika 3.1. [10]) se motor s unutarnjim izgaranjem uključuje po potrebi u smislu da preko generatora proizvodi električnu energiju kojom puni baterije električnog motora. Kotače automobila uvijek pokreće električni motor (koji nema mehaničku vezu s motorom s unutarnjim izgaranjem) koji ovisno o potrebama dobiva energiju od generatora ili baterija, dakle njime se vrši regulacija brzine automobila. Na taj način se uvelike smanjuje potrošnja goriva (optimalni rad motora s unutarnjim izgaranjem) [11].

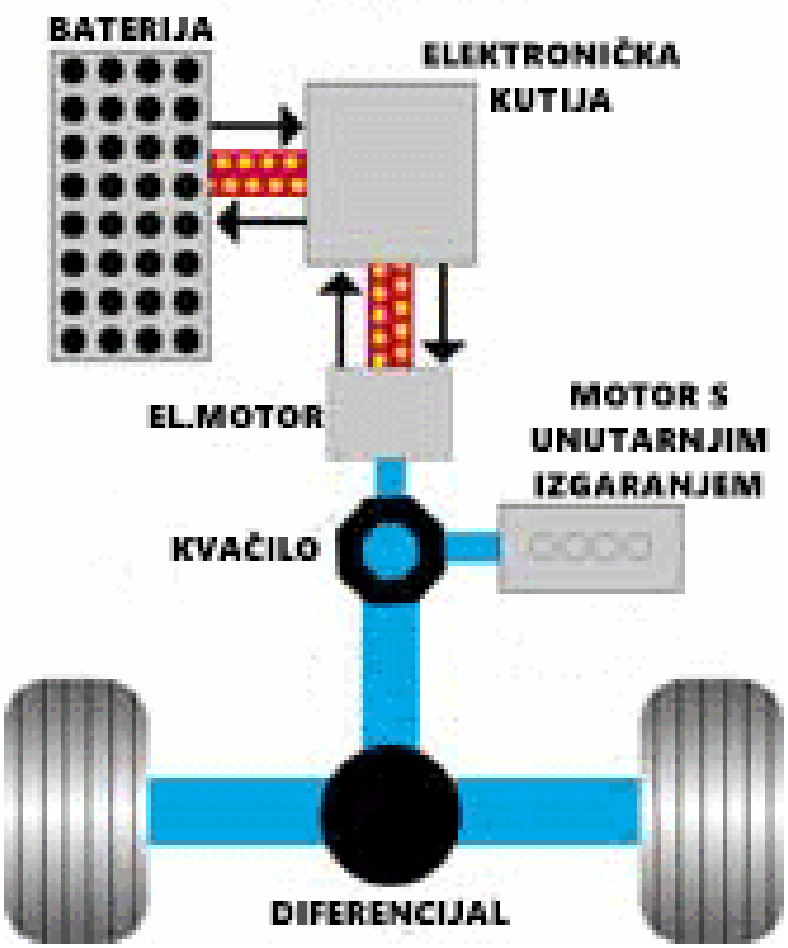


Slika 3.1. Serijska izvedba hibridnog automobila

3.2. PARALELNA IZVEDBA HIBRIDNIH AUTOMOBILA

Paralelni hibridni automobili (Slika 3.2. [10]) su koncipirani tako da vozilo pokreću i motor s unutarnjim izgaranjem i električni motor/generator.

Motor s unutarnjim izgaranjem i kod ovog vozila radi u optimalnom režimu, pri čemu električni motor radi kao generator i dopunjava baterije kada je za kretanje vozila potrebna manja snaga od snage motora s unutarnjim izgaranjem, a kada je potrebna veća snaga, onda električni motor radi kao motor koristeći energiju iz akumulatora [12].

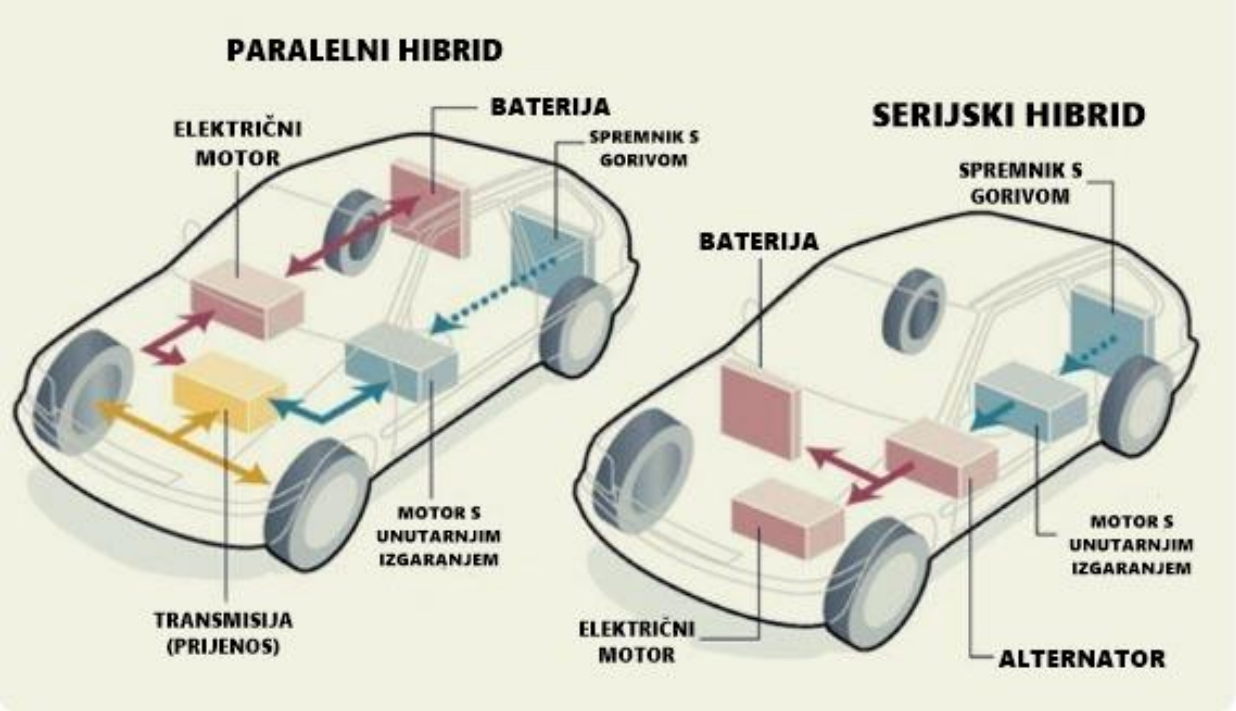


Slika 3.2. Paralelna izvedba hibridnog automobila

Smisao uvođenja ovakve topologije hibridnog električnog vozila se može tražiti u činjenici da je instalirana snaga električnog motora manja, čime je smanjena i težina vozila. Umjesto posebnog motora i generatora ovdje se koristi samo jedan motor čija je snaga manja od snage vučnog motora kod serijskih vozila sličnih dimenzija.

Najčešće su kod takvih hibrida motori i mjenjač brzina povezani automatskim kvačilom. Treba ipak napomenuti da iako paralelni hibridni automobili imaju manje baterije što omogućava više prostora odnosno veći komfor u autu, vozne su mogućnosti vrlo ograničene kapacitetom baterije.

Na slici 3.3. [13] možemo vidjeti usporedbu raspodjele prostora kod paralelnog i serijskog hibrida.

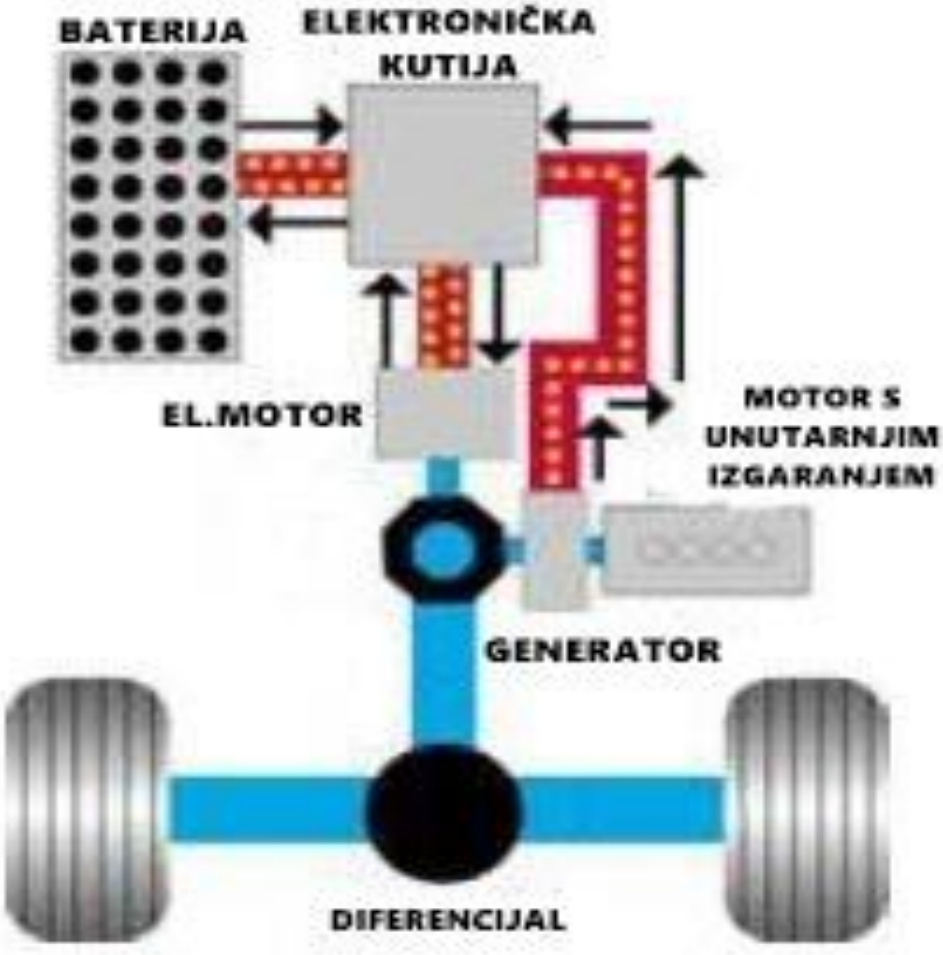


Slika 3.3. Usporedba raspodjele komponenata serijske i paralelne izvedbe

3.3. SERIJSKO-PARALELNA IZVEDBA

Raspodjela snage između električnog motora i motora s unutarnjim izgaranjem na pogonske kotače kod serijsko-paralelnih hibrida se dijeli pomoću posebnog diferencijala kao što je vidljivo na slici 3.4. [10]. Omjer razdiobe snage može biti od 0-100% u korist ili elektromotora ili motora s unutarnjim izgaranjem. Motor s unutarnjim izgaranjem se također može koristiti i za punjenje baterija.

Na otvorenoj cesti primarni motor je motor s unutarnjim izgaranjem, dok elektromotor služi kao dodatna snaga (npr. kod pretjecanja). Prema potrebama vožnje moguće je da motor s unutarnjim izgaranjem pokreće samo generator ili da zajedno sa motorom pokreće kotače, a da generator miruje [10].

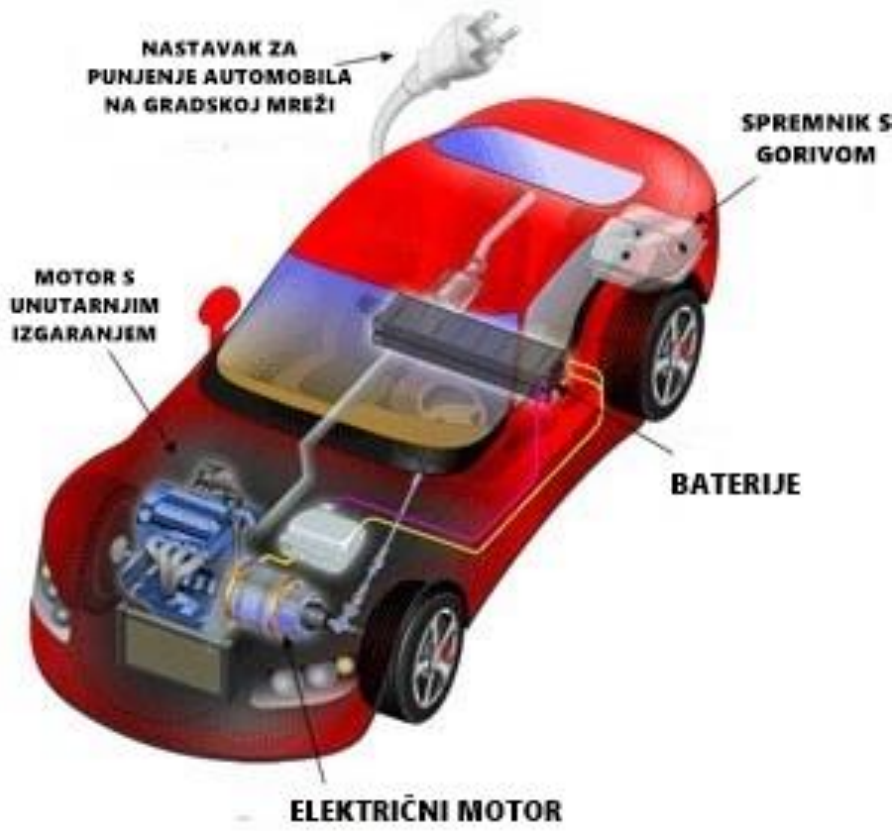


Slika 3.4. Serijsko-paralelna izvedba hibridnog automobila

3.4. PLUG-IN HIBRIDI

Plug-in hibrid (Slika 3.5. [14]) jest hibrid koji ima mogućnost spajanja na gradsku mrežu pomoću utičnice kako bismo napunili baterije te kako bi se na taj način smanjila upotreba motora s unutarnjim izgaranjem. To je tip automobila koji je najučinkovitiji za putovanja manjim udaljenostima te se na taj način može gotovo u potpunosti izbjeći korištenje motora s unutarnjim izgaranjem što kao nuspojavu ima smanjenje emisije štetnih plinova.

Plug-in hibrid može biti izveden i sa serijskim i sa paralelnim pogonskim sustavom. Pozitivna činjenica kod plug-in hibridnih automobila je što kada se baterije isprazne, cijeli pogonski sustav prelazi na motor s unutarnjim izgaranjem sve dok vlasnik automobila ne dođe do prve punionice-bilo to kod kuće,na poslu i slično [15].



Slika 3.5. Plug-In hibridni automobil

3.4.1. PUNJIVA HIBRIDNA VOZILA SA PARALELNIM HIBRIDNIH SUSTAVOM (PHEV)

To su zapravo Plug-in hibridni automobili koji imaju paralelni hibridni sustav čiji je glavni pogon vozila motor s unutarnjim izgaranjem te imaju puno veću bateriju nego inače. Baterije

imaju kapacitet od 8-16 kWh te se mogu puniti izravno iz elektroenergetske mreže. Isto tako baterije se mogu nadopunjavati tokom usporavanja ili kočenja (regenerativno kočenje) te generatorom koji je pokretan pomoću motora s unutarnjim izgaranjem. Isto tako takva vrsta automobila ima i puno snažniji električni motor te upravo zbog električnog pogona motor s unutarnjim izgaranjem većinu vremena radi u optimalnim uvjetima.

Moguć je i pogon vozila samo pomoću električnog motora. Domet vozila pri takvom načinu rada uvelike ovisi o kapacitetu akumulatorskih baterija. Najčešće udaljenosti koje hibridni automobili mogu preći je između 20 km (oznaka za takvo vozilo je PHEV20) i 80 km (PHEV80).

Punjivi hibridni automobili sa paralelnim hibridnim sustavom su vrlo važna vrsta automobila upravo zbog smanjene potrošnje fosilnih goriva te emisije CO_2 pošto je njihov domet između 20 km i 80 km a prema statističkim podacima u Europi je ustanovljeno da gotovo polovica svih putanja iznosi manje od 10 km, a 80 % putovanja iznosi manje od 25 km što se poklapa sa mogućnostima PHEV-a [16].

Na slici 3.6. [17] je prikazana oznaka na Mitsubishi-evom modelu automobila.



Slika 3.6. Mitsubishi Outlander (primjer PHEV-a)

3.4.2. PUNJIVA HIBRIDNA VOZILA SA SERIJSKIM HIBRIDNIM SUSTAVOM (E-REV)

Punjivi hibridni automobili sa serijskim hibridnim sustavom (Slika 3.7. [18]) su najsličniji električnom automobilu iz razloga što se pokreću samo električnim pogonom. Posjeduju baterije kapaciteta koje se pune izravno iz elektroenergetske mreže. Baterije se mogu puniti i za vrijeme vožnje pomoću generatora kojeg pogoni motor s unutarnjim izgaranjem. Umjesto motora s unutarnjim izgaranjem se u industriji isto tako mogu koristiti druge tehnologije kao što su gorivi članci ili fotonaponski moduli.

Isto tako treba napomenuti i potpuno električno vozilo (BEV) koji za pokretanje koristi samo električni pogon. Električni pogon se sastoji od električnog motora i akumulatorske baterije (veliki kapacitet). Pri udaljenosti od 500 km koja je današnji standard za vozila, baterije bi trebale biti kapaciteta od 75 kWh dok današnji modeli ostvaruju najveću udaljenost od 150 km čije baterije imaju kapacitet od 30 kWh [16].



Slika 3.67 Punjivi hibridni automobil sa serijskim hibridnim sustavom

U tablici 3.1. [19] je prikazana usporedba između snage, momenta, napona te smanjenja potrošnje goriva između serijsko-paralelnih i plug-in hibridnih automobila.

Tablica 3.1. Usporedba serijsko-paralelnih i Plug-in hibrida

	SERIJSKO-PARALELNI	**PLUG-IN**
SNAGA [kW]	20-70	50-100
MOMENT [Nm]	100-500	100-500
NAPON [V]	120-650	250-650
SMANJENJE POTROŠNJE GORIVA [%]	do 15	do 30

3.5. PREDNOSTI I NEDOSTACI HIBRIDA

PREDNOSTI

Hibridni automobili pomažu pri očuvanju okoliša, najviše zbog puno manje emisije štetnih plinova od ostalih automobila (motor s unutarnjim izgaranjem). Isto tako ne zahtijevaju učestalo punjenje gorivom što stvara dodatno financijsko olakšanje korisnicima.

Punjenje baterija je moguće putem kočenja ili pretvorbe mehaničke energije u električnu tokom vožnje. Motor s unutarnjim izgaranjem je puno manji što za rezultat daje veću snagu automobilu. Motor s unutarnjim izgaranjem se gasi automatski po potrebi vozila što ga čini puno tišim nego ostali automobili a i efikasnijim.

NEDOSTACI

Najveća negativna strana hibridnih automobila jest cijena. Hibridni automobili imaju i do 15 % veću cijenu od automobila (motor s unutarnjim izgaranjem) iste klase. Međutim, kada uzmemo u obzir da se hibridni automobil sastoji od dvije vrste motora, baterija, raznih regulatora i elektronike koji cijeli taj sustav održavaju na tako visokoj razini, onda je taj nedostatak donekle i opravdan. Zbog male težine od kojih su takvi automobili napravljeni se dolazi do problema sa sigurnosti vozača i putnika.

Isto tako jedan od nedostataka hibridnog automobila jest njegov domet, koji iako kombinirano upotrebljava oba motora nije velik. Isto tako vrijeme punjenja (plug-in) je puno duže nego kod punjenja automobila gorivom.

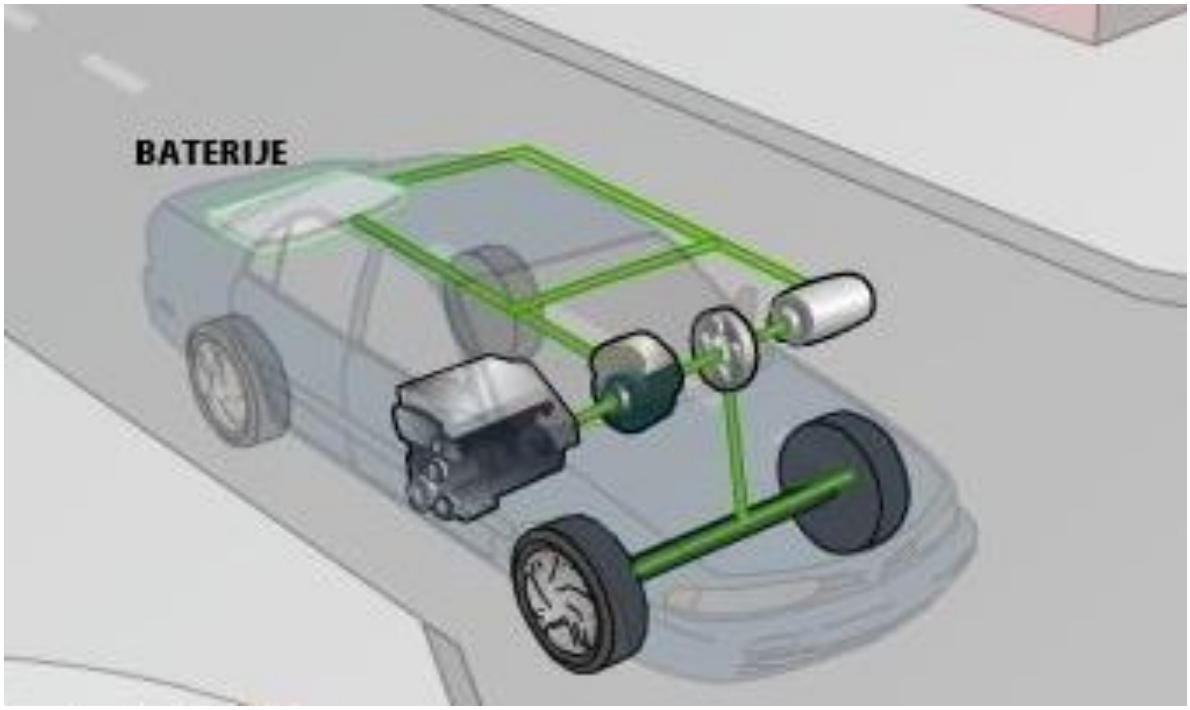
Vijek trajanja baterija je jedan od najvećih problema s kojim se znanstvenici moraju suočiti te isto tako baterije znaju biti jako velike što znači da oduzimaju dodatni prostor unutar vozila [20].

4. REGULACIJE OVISNO O REŽIMU VOŽNJE

4.1. POKRETANJE

Kada se hibridni automobil upali (Slika 4.1. [2]), baterije služe za uključivanje svih električnih komponenti i ostalih dodataka.

Motor s unutarnjim izgaranjem se koristi samo u slučaju ako su baterije prazne te se trebaju napuniti ili u slučaju kada električne komponente zahtijevaju ulaganje snage veće nego što to same baterije mogu omogućiti [2].

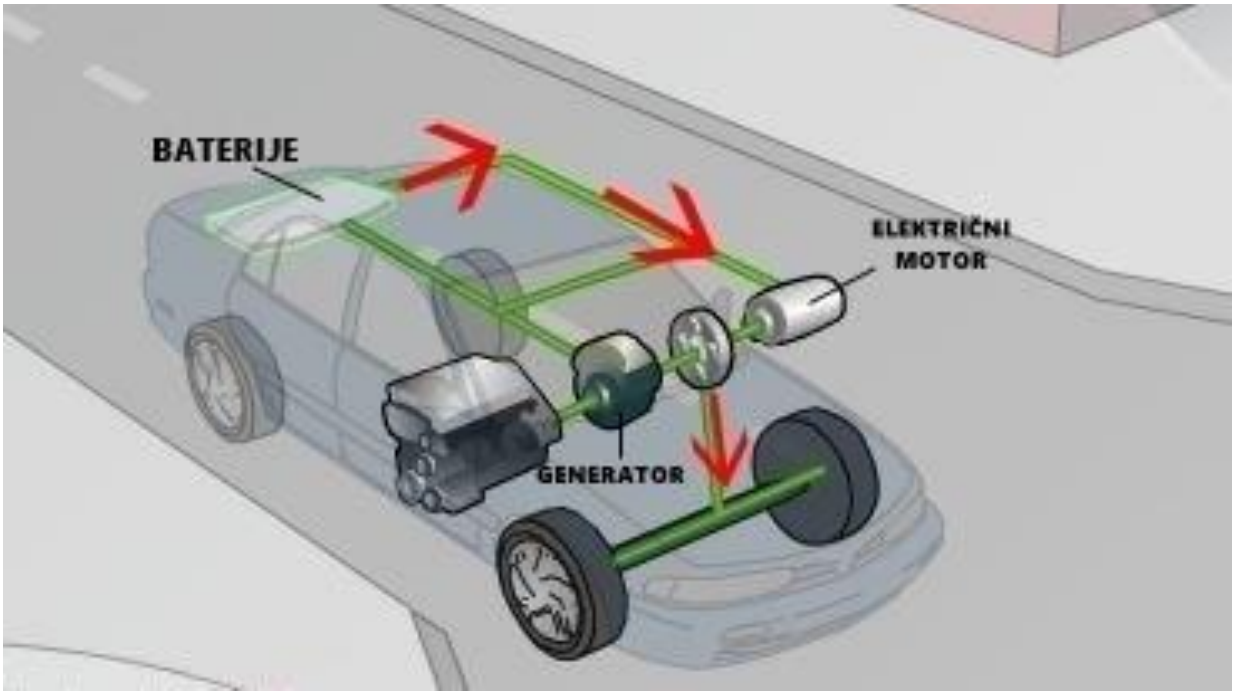


Slika 4.1. Pokretanje hibridnog automobila

4.2. SPORIJA VOŽNJA

Prilikom početnog ubrzavanja (Slika 4.2. [2]) automobila (povećani moment) te sporije vožnje se koristi električni motor koji potrebnu energiju za rad uzima iz baterija.

U slučaju da su baterije prazne te im je potrebno punjenje, generator se pokreće te pokreće motor nakon kojeg počinje proces pretvorbe mehaničke energije motora u električnu energiju koja se na kraju tog procesa sprema u baterije [2].



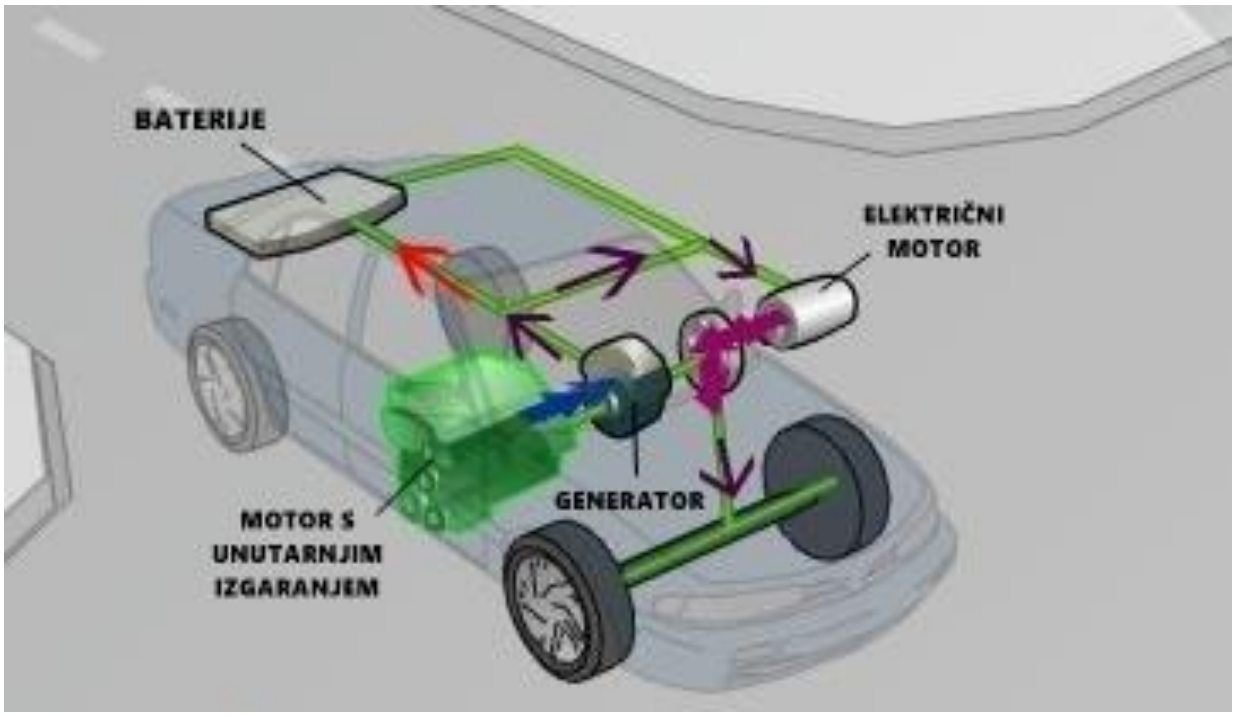
Slika 4.2. Sporija vožnja i pokretanje hibridnog automobila

4.3. VOŽNJA PRI STALNOJ (VIŠOJ) BRZINI

Pri vožnji sa stalnom brzinom (Slika 4.3. [2]) kod hibridnog automobila su pokrenuti i električni motor i motor s unutarnjim izgaranjem za kretanje kotača.

Motor s unutarnjim izgaranjem predaje snagu električnom motoru preko generatora.

Generator također pretvara mehaničku energiju motora u električnu energiju te ju šalje baterijama kako bi se ta ista energija pohranila [2].

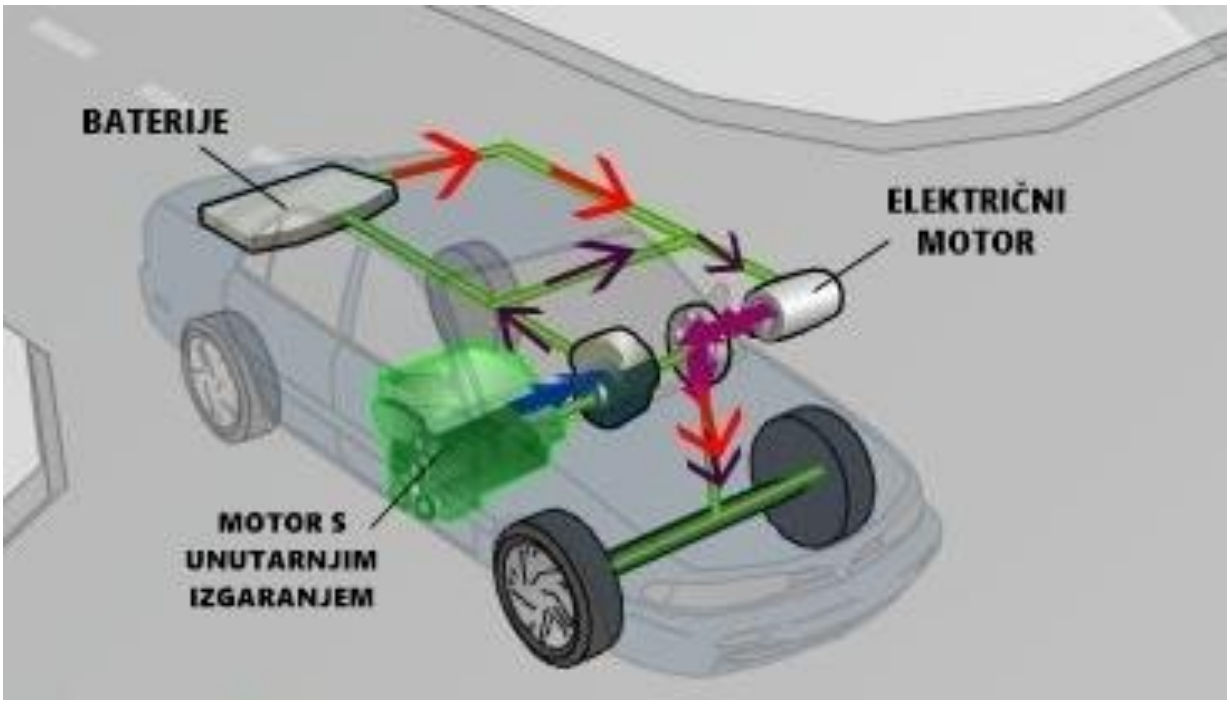


Slika 4.3. Vožnja hibridnog automobila pri stalnoj(višoj) brzini

4.4. PRETJECANJE

Prilikom velikog ubrzavanja ili u slučaju kada je potrebna velika snaga kao što je kod pretjecanja (Slika 4.4. [2]), uključuju se i električni motor i motor s unutarnjim izgaranjem tako što moment motora s unutarnjim izgaranjem dodatno pojačava moment električnog motora.

Uz to, ako je potrebna još veća snaga, baterije se uključuju u proces te šalju dodatnu energiju električnom motoru [2].

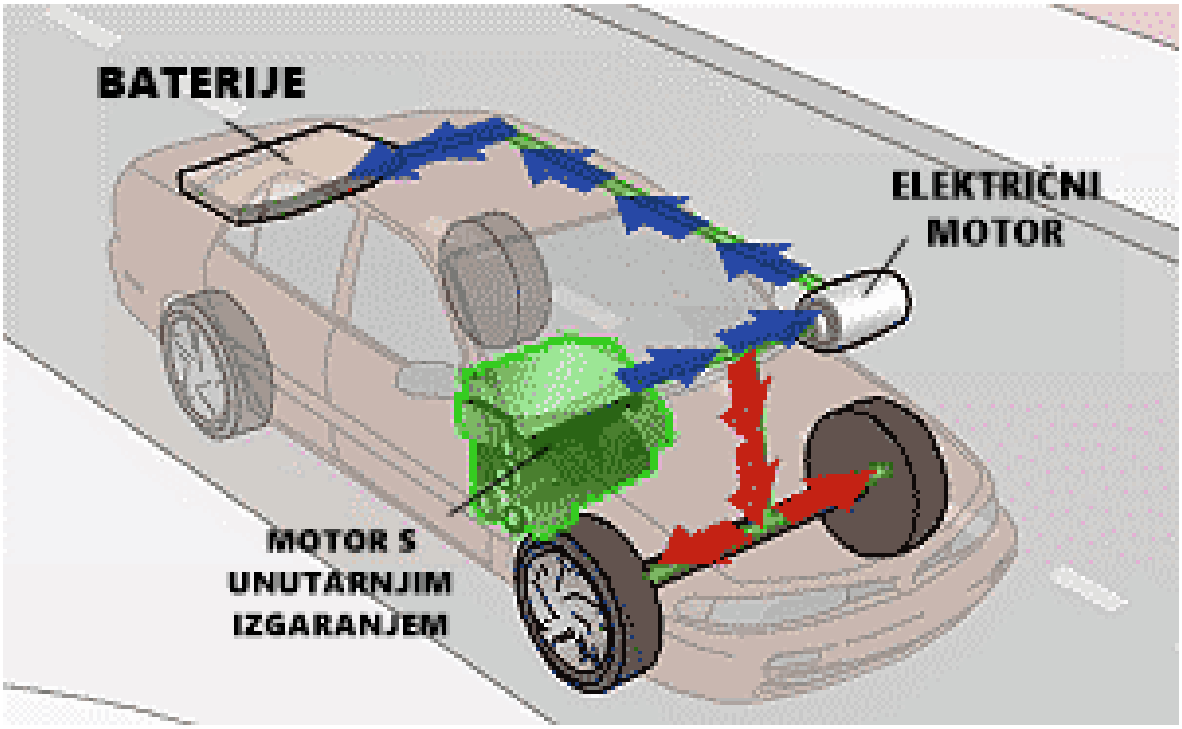


Slika 4.4. Pretjecanje

4.5. KOČENJE

Jedna od najvećih prednosti hibridnog automobila je što iskorištava energiju kočenja tako što se elektromotor prebacuje u režim rada generatora te mehaničku energiju kotača (pri kočenju) pretvara u električnu kojom puni baterije, koje na kraju služe za ponovno pokretanje procesa pretvorbe električne energije (baterije) u mehaničku (kotači) pri pokretanju automobila (Slika 4.5. [2]).

Nedostatak ove mogućnosti je što je pri pretvaranju mehaničke energije u električnu, te naknadne pretvorbe električne energije baterija u mehaničku se stvaraju gubici što smanjuje učinkovitost takvog pogona [2].



Slika 4.5. Sustav kočenja hibridnog automobila

5. INFRASTRUKTURA ZA PUNJENJE HIBRIDNIH I ELEKTRIČNIH VOZILA

Osim električne energije postoje i drugi alternativni izvori energije (poput vodika, gorivih članaka, i sl.) koji su u fazi istraživanja te mogu poslužiti kao moguća zamjena za fosilna goriva. Međutim, već izgrađena infrastruktura elektroenergetske mreže čini električnu energiju konkurentnijom na duže razdoblje od ostalih alternativnih izvora energije.

Već samo postojanje infrastrukture za punjenje hibridnih i električnih vozila predstavlja značajnu početnu prednost, ali je isto tako važno uzeti u obzir da za masovnije korištenje električne energije postoje određene prepreke koje bi se trebale početi rješavati što prije kako bi se mogli ostvariti planovi vezani za promjenu udjela automobila na fosilna goriva i hibridnih te električnih automobila jer današnja struktura elektroenergetske mreže nije predviđena za tu vrstu automobila.

Prepreke u tom planu predstavlja više čimbenika. Jedan od njih je nedovoljan presjek vodova srednjeg i niskog napona za dodatno opterećenje koje se pojavljuje priključivanjem hibridnih i električnih vozila. Sličan problem postoji i kod kućnih i industrijskih priključaka, ali i kod vodova javne rasvjete koji bi se koristili kod punjača na javnim mjestima i parkiralištima.

Isto tako se javlja problem nedovoljne rezerve snage u postojećim i planiranim energetskim transformatorima, korištenje obnovljivih izvora energije na lokaciji punionice te činjenica da se ne uzimaju u obzir električna i hibridna vozila kao buduća trošila pri planiranju elektroenergetske mreže i predviđanju opterećenja.

Moguće lokacije punionice električnih vozila i njihove specifične karakteristike ne utječu samo na tehnička rješenja nego i na poslovne modele te zakonodavne i regulatorne aspekte. Na temelju grupiranja mogućih lokacija sličnih karakteristika je napravljena podjela na četiri osnovna tipa koja su u osnovama povezana s načinom kako je danas organizirana elektroenergetska mreža u većini država:

1. Javna lokacija na javnoj površini (Slika 5.1. [21]) koja je normalno u vlasništvu lokalne samouprave (ceste, javna parkirališta, ostale javne površine) i na kojoj je elektroenergetska mreže (srednjonaponska i niskonaponska) u vlasništvu operatora distribucijskog sustava (ODS).



Slika 5.1. Punionica u Osijeku

2. Javna lokacija na privatnoj površini najčešće ima slobodan pristup za vozila, ali je u privatnom vlasništvu. Pod ovim tipom se smatraju parkirališta ili garaže koje se nalaze u trgovačkim centrima, poslovnim i višenamjenskim zgradama i privatnim parkiralištima i garažama. Elektroenergetska instalacija je u privatnom vlasništvu i preko jednog obračunsko-mjernog mjesta je spojena na elektroenergetsku mrežu u vlasništvu ODS-a.

3. Privatna lokacija na privatnom vlasništvu najčešće podrazumijeva privatno parkiralište ili garažu u osobnom vlasništvu vlasnika vozila i elektroenergetska infrastruktura je u privatnom vlasništvu te sastavni dio kuće ili zgrade.

4. Lokacija za brzo punjenje nije toliko vezana uz vlasništvo koliko uz tehnologiju opreme za punjenje. Pretpostavljene lokacije se nalaze na postojećim postajama za gorivo koje se nalaze uz autocestu, veće trgovačke centre ili površine u gradovima koje su namjenski dodijeljene za tu svrhu. Specifičnost ovih lokacija je izgradnja namjenske transformatorske stanice za punionicu električnih vozila koja je zbog visokog faktora istovremenosti spojena direktno na srednjonaponsku mrežu ili čak na srednjonaponski razvod TS 110 (35)/10 (20) kV.

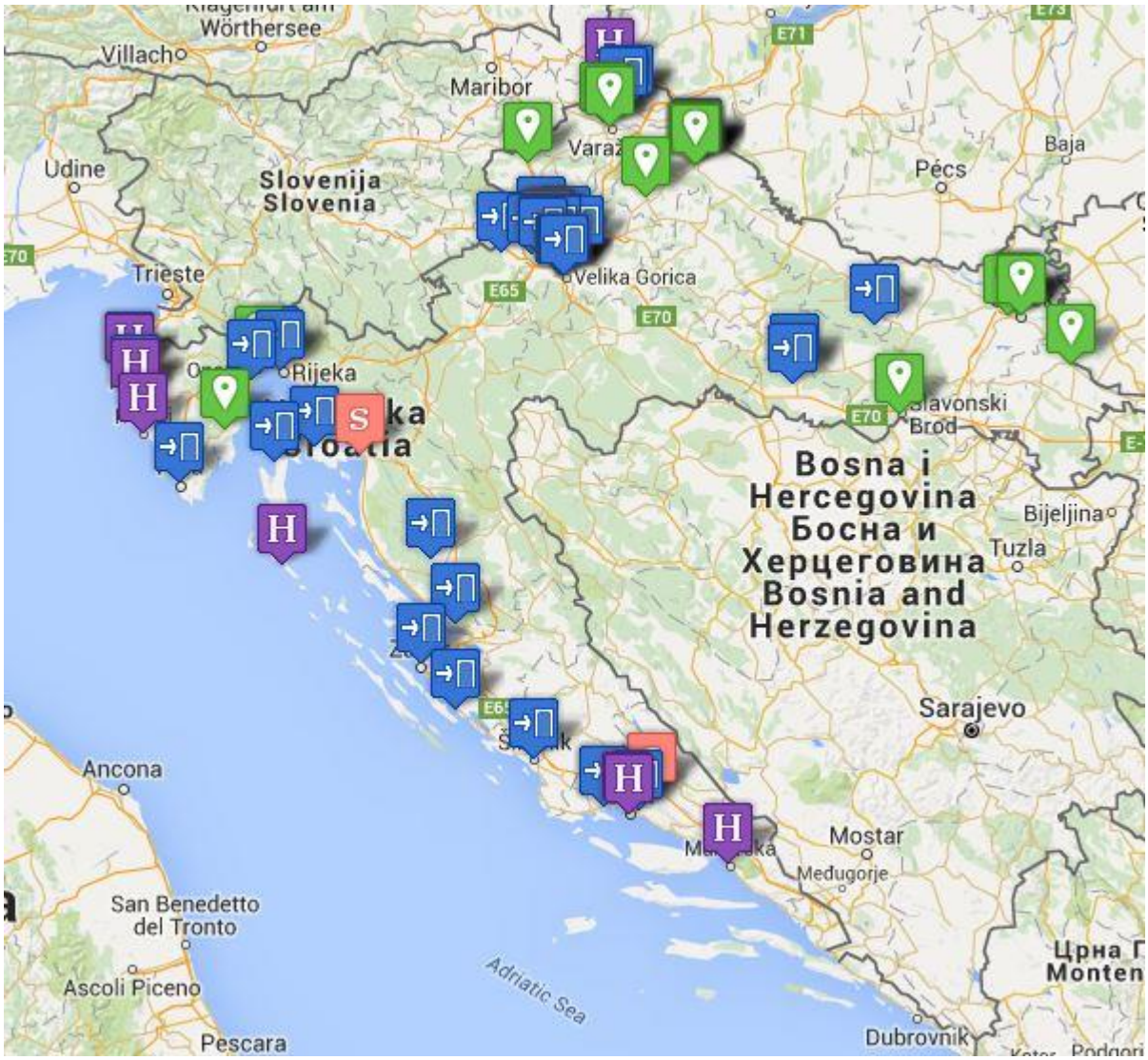
Istraživanja su trenutačno usmjerena na rješavanje ključne karakteristike hibridnih i električnih vozila koja značajno utječu na njihovu tržišnu poziciju – autonomija vozila odnosno maksimalna udaljenost koje vozilo prijeđe između dva punjenja i vrijeme punjenja. One predstavljaju problem punjenja akumulatorske baterije i mogu se promatrati kao kombinacija dva odvojena tehnička podsustava:

1. karakteristika punjača (napon/struja punjenja i broj faza priključka)
2. karakteristike baterije

Tablica 5.1. koja je preuzeta iz [22] proces punjenja prikazuje u ovisnosti o snazi punjača, a ne kako uobičajeno u vremenu punjenja što daje bolju predodžbu o utjecaju na elektroenergetsku mrežu. Slika 5.2 [23] prikazuje popis punionica u Hrvatskoj [22].

Tablica 5.1. Proces punjenja u ovisnosti o snazi punjača

Naziv snage punjenja	Vrsta priključka	Snaga punjača [kW]	Nazivna struja punjenja [A]	Autonomija vozila [po satu]
Normalna snaga	Jednofazni izmjenični	≤ 3,7	10-16	< 20 km
Srednja snaga	Jednofazni ili trofazni izmjenični	3,7-22	16-32	20-110 km
Visoka snaga	Trofazni izmjenični ili istosmjerni	>22	>32	> 110 km



Slika 5.2. Mapa svih punionica u Hrvatskoj

ELENpunionice

HOTELI

TESLA SUPERCHARGER

TESLA Destination Charging

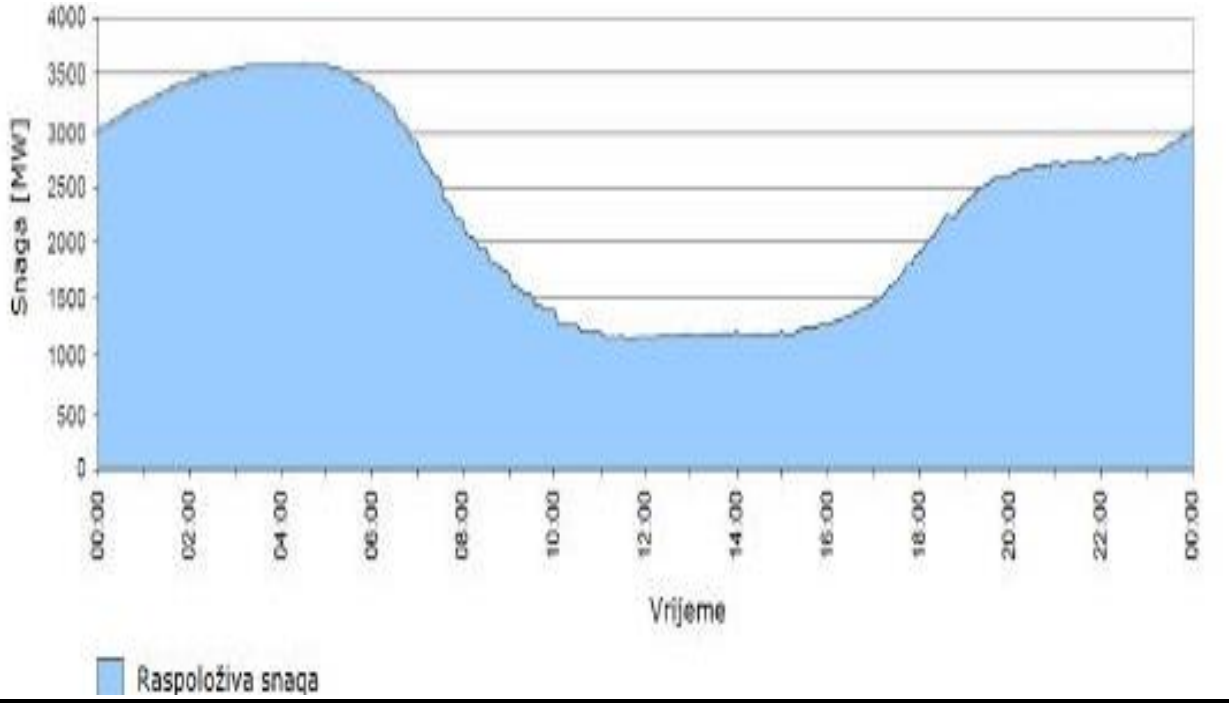
Ostale punionice

6. UTJECAJ PUNIONICA NA ELEKTRONERGETSKU MREŽU

Punjiva hibridna vozila će u idućih 20 godina imati veći udio na tržištu od potpunih električnih vozila te se iz tog razloga njihova potrošnja može promatrati kao upravljiva. Povezanost hibridnih (i električnih vozila) s elektroenergetskom mrežom se može opisati sustavom V2G (eng. Vehicle-To-Grid) koja predstavlja vrstu usluge koja hibridna i električna vozila mogu izvršavati za vrijeme mirovanja.

Kada je potražnja električne energije mala oni mogu puniti svoje baterije bez preopterećivanja sustava. Takvim međudjelovanjem s elektroenergetskim sustavom mogu uvelike doprinjeti otklanjanju negativnih posljedica promjenjive proizvodnje energije, ponajviše kod velikih udjela obnovljivih izvora u ukupnoj proizvodnji električne energije. Najveća prednost ovog sustava je što se porastom broja električnih vozila može povećati ukupni kapacitet .

Povećanjem broja potpunih električnih vozila predviđa se dodatno pružanje pomoćnih usluga u elektroenergetskom sustavu kao što je regulacija i usluga rotirajuće rezerve ili spremanje viška energije obnovljivih izvora i njeno vraćanje u sustav kada je potrebna. Slika 6.1. [22] prikazuje s kojim iznosom snage se može računati tijekom dana na temelju 1 milijuna vozila [22].



Slika 6.1. Grafički prikaz odnosa iznosa snage i vremena na temelju milijun vozila

7. PRODAJA I POTICAJI ZA HIBRIDNA VOZILA U SVIJETU I HRVATSKOJ

7.1. SVIJET

Vlade u svijetu su svjesne kakav bi pozitivan utjecaj na okoliš ali i ekonomiju imala hibridna i električna vozila te iz tih razloga osiguravaju bolje uvjete pri kupnji te razne vrste subvencija ili smanjivanja poreza na takve automobile. Gotovo sve europske države su uvele neku vrstu poticaja za kupnju hibridnih ili električnih vozila te su oni najčešće vezani uz količinu CO_2 koji ti automobili ispuštaju.

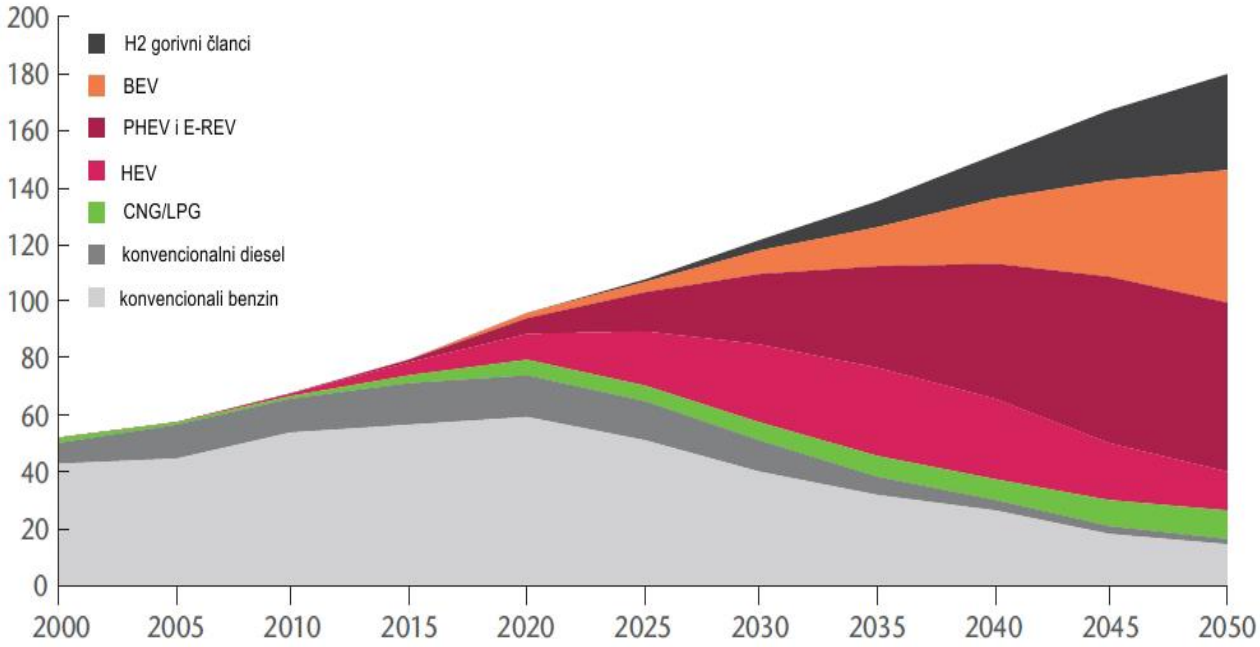
Na primjer, Portugal je uveo olakšice od 40 % na sva davanja, tako da popust za hibridna vozila iznosi oko 3.000 EUR, a slično je i u Grčkoj. U Francuskoj je taj iznos nešto manji, 2.000 EUR, a tako je i u Austriji. Republika Slovenija svoje građane oslobađa plaćanja svih poreza pri registraciji „zelenog“ vozila, dok je u Srbiji subvencija 1.000 EUR. U Njemačkoj je prodaja hibridnih automobila vrlo dobra, iako je subvencija dosta niska – tek 380 EUR, a u Italiji je, unatoč deset puta većim subvencijama, interes slab.

U tablici 7 [24] je prikazan broj registriranih hibridnih automobila u sedam vodećih zemalja svijeta i to u periodu 2007. – 2011. godine.

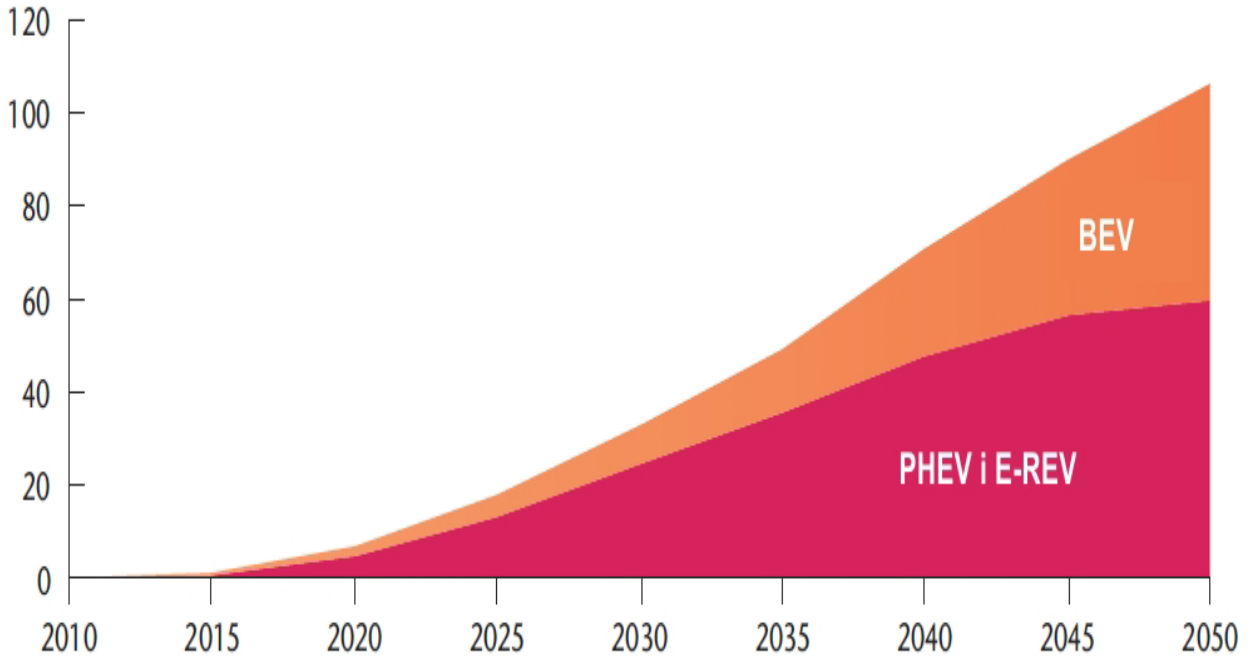
Tablica 7.1. Prikaz tržišta hibridnih automobila između 2007. i 2011.godine

Najveća nacionalna tržišta hibridnih automobila između 2007. i 2011. godine								
Država	Broj registriranih hibrida u 2011.	Broj registriranih hibrida u 2010.	Broj registriranih hibrida u 2009.	Postotak globalnih hibridnih registracija u 2009.	Broj registriranih hibrida u 2008.	Procenat globalnih hibridnih registracija u 2008.	Broj registriranih hibrida u 2007.	Postotak globalnih hibridnih registracija u 2007.
Japan	-	-	334.000	45,1 %	94.259	18,4 %	69.015	13,8 %
SAD	268.752	274.210	290.271	39,2 %	312.386	61,0 %	352.274	70,4 %
Kanada	-	-	16.167	2,2 %	19.963	3,9 %	14.828	3,0 %
Nizozemska	-	-	16.000	2,2 %	11.814	2,3 %	-	-
V.Britanija	23.370	22.127	14.645	2,0 %	15.385	3,0 %	15.971	3,2 %
Francuska	13.340	9.443	9.399	1,3 %	9.137	1,8 %	7.268	1,4 %
Njemačka	12.622	10.661	8.374	1,1 %	6.464	1,2 %	7.591	1,5 %
Svijet	-	-	740.000		511.758		500.405	

Na slikama 7.1. [25] i 7.2. [25] se vidi procjena udjela određenih vrsta automobila u vremenskom periodu od 2010.-2050.godine [24].



Slika 7.1. Procjena udjela različitih kategorija putničkih vozila do 2050. godine u milijunima primjeraka ukupno u svijetu.



Slika 7.2. Procjena prodanih punjivih hibridnih vozila i električnih putničkih vozila do 2050. godine u milijunima primjeraka ukupno u svijetu.

7.2. HRVATSKA

Mjere energetske učinkovitosti u prometu iznimno su važne jer njima utječemo na poboljšanje kvalitete zraka, posebno u gradovima koji su iznimno opterećeni prometom. Jedna od takvih mjera je i poticaj za kupnju električnih i hibridnih vozila.

Građani i tvrtke u Hrvatskoj mogu kupiti električno, hibridno ili plug in hibridno vozilo uz bespovratne državne poticaje od 7.500 do 70.000 kuna po vozilu.

Upravo iz sektora prometa dolazi oko 25 % onečišćenja emisijama stakleničkih plinova, od čega više od 70 % generira cestovni promet. Zato su važne mjere energetske učinkovitosti u prometu jer njima utječemo na poboljšanje kvalitete zraka.

Poticaji iznose do 40 % vrijednosti vozila, odnosno do maksimalno 70.000 kuna za kupnju električnih vozila, do 50.000 kuna za hibridna plug-in vozila, te do 30.000 kuna za hibridna vozila. Također, sufinancira se i kupnja električnih skutera, motocikala i četverocikala za koje se mogu dobiti poticaji od 7.500 do 30.000 kuna. Tvrtke mogu dobiti do 700.000 kuna.

Na javnom pozivu u 2014. godini je sa 15,5 milijuna kuna poticaja odobrena kupnja 440 električnih i hibridnih vozila, a na javnom pozivu 2015. odobreno je 18,5 milijuna kuna za kupnju 506 električnih i hibridnih vozila.

Građani mogu dobiti poticaj za jedno vozilo, koje moraju zadržati u vlasništvu barem godinu dana, a tvrtke i obrtnici mogu dobiti do 700.000 kn te vozila moraju zadržati u vlasništvu najmanje 3 godine. Sufinancira se kupnja novih vozila, koja mogu biti kupljena u bilo kojoj zemlji Europske unije, međutim trebaju biti registrirana u Hrvatskoj.

Za prijavu na javni poziv potrebno je u Fond dostaviti ponudu za kupnju vozila od prodavatelja sa tehničkim karakteristikama vozila te kopiju osobne iskaznice i ispunjen prijavni obrazac. Nakon što se u Fondu zahtjev odobri, potpisuje se Ugovor o sufinanciranju i korisnik ima vremena 6 mjeseci za kupnju vozila. Fond će poticaje isplatiti u roku od 30 dana nakon dostave računa, dokaza o uplati i kopije prometne dozvole [26].

7.3. NAJPRODAVANIJI MODELI U HRVATSKOJ ZA 2014.

Najprodavaniji hibridni i električni modeli u 2014 godini bili su Toyota-ini hibridi, Yaris Hybrid i Auris Hybrid. Slijedi ga Mitsubishi i-Miev, zatim Nissan Leaf. U srednjem prodajnom segmentu sa četiri komada nalazi se čak i Tesla Model S. U segmentu od jednog automobila našli su se BMW i3, koji je tek krenuo u prodaju kada je većina poticaja već bila podjeljena, i jedan Porsche Panamera. Ostale modele možemo vidjeti u tablici 7.2. [27].

Tablica 7.2. Najprodavaniji hibridni i električni automobili u Hrvatskoj za 2014.godinu

	MODEL AUTOMOBILA	BROJ PRODANIH AUTOMOBILA
1.	Toyota Yaris Hybrid	254
2.	Toyota Auris Hybrid	101
3.	Mitsubishi i-Miev	18
4.	Nissan Leaf	7
5.	Peugeot 3008 Hybrid	4
6.	Toyota Prius	4
7.	Tesla Model S	4
8.	Mitsubishi Outlander	3
9.	Volkswagen e-Up2	2
10.	Bmw i3	1
11.	Porsche Panamera	1
12.	Piaggio Porter	1

7.4. OSTALI NAJPOZNATIJI MODELI HIBRIDNIH AUTOMOBILA

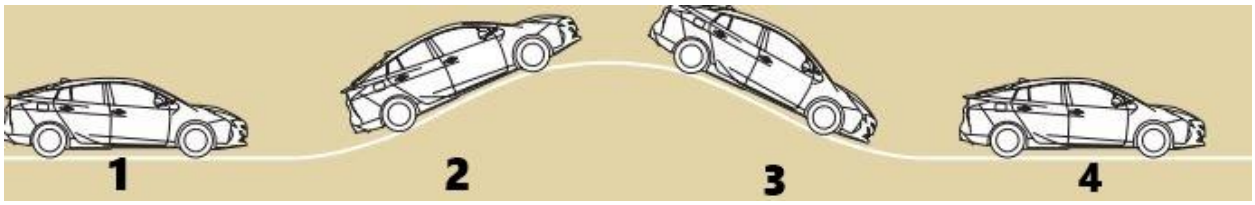
Toyota Prius

Toyota Prius (Slika 7.3. [28]) je najpoznatiji i najprodavaniji model hibridnog automobila. Toyota Prius četvrte generacije posjeduje pametni sustav Hybrid Synergy Drive (HSD) koji omogućava puno efikasniji način vožnje. Pomoću tog sustava je omogućeno smanjenje mase i dimenzija motora i baterija naspram prijašnjih modela te samim time se stvara puno više prostora u unutrašnjosti automobila i samog prtljažnika.



Slika 7.3. Toyota Prius

Prilikom vožnje, Prius koristi optimalnu kontrolu 1,8 l (petrol) motora s unutarnjim izgaranjem i poboljšanog električnog motora te kombinacijom ta dva motora omogućava puno bolje performanse prilikom vožnje u gotovo svim uvjetima kao što je vidljivo na slici 7.3. [29] te troši otprilike litru goriva na 40 kilometara vožnje.



Slika 7.4. Vrste vožnje Toyota Prius-a

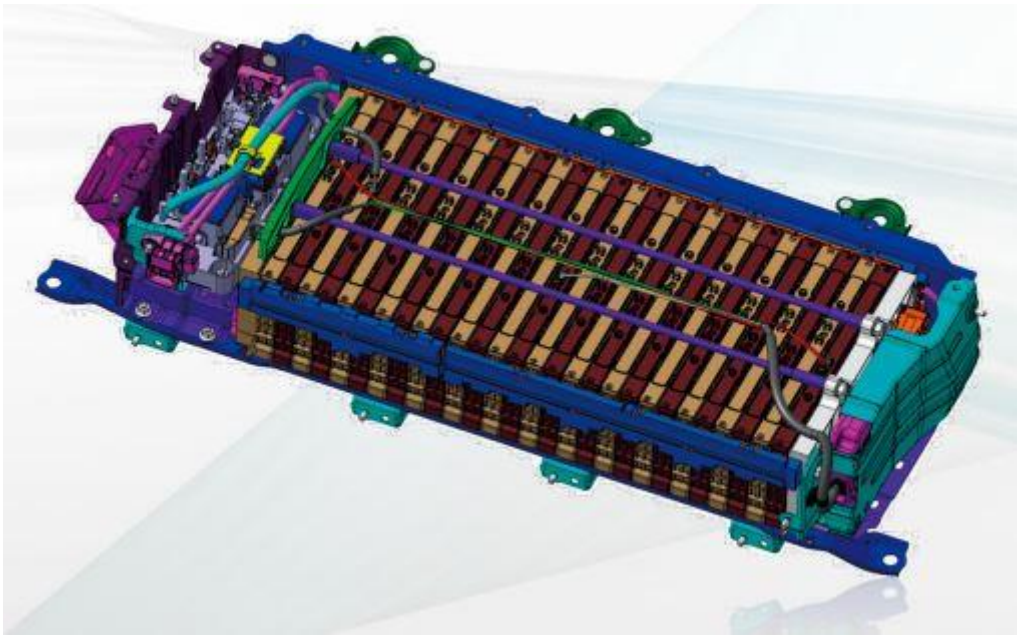
1. Prilikom pokretanja je primarno korišten električni motor te energija pohranjena u baterijama koja je korištena za pokretanje motora

2. Prilikom ubrzanja je snaga dobivena iz motora s unutarnjim izgaranjem.

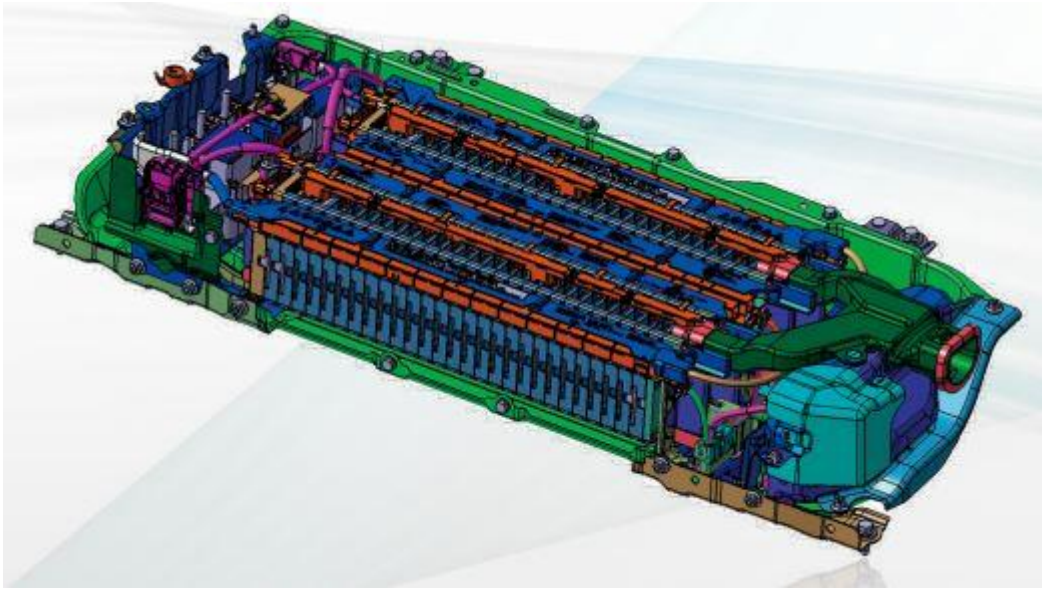
3. Prilikom usporavanja električni motor služi kao generator te pretvara energiju kočenja u električnu i sprema ih u baterije.

4. Prilikom mirovanja se isključuje motor s unutarnjim izgaranjem te je automobil u stanju štednje energije i ispuštanja CO_2.

Prius koristi kombinaciju Nikal-metal i Litij-ionskih baterija koje su prikazane na slikama 7.5. [29] i 7.6. [29] te omogućuju 10 % manje dimenzije te 28 % bolje performanse punjenja od prijašnjih modela [29].



Slika 7.5. Nikal-metal baterije



Slika 7.6. Litij-ionske baterije

VOLKSWAGEN GOLF GTE

Volkswagen Golf GTE (Slika 7.7. [30]) je plug-in hibridni automobil koji predstavlja jednog od najvećih konkurenata- najprodavanijoj Toyoti Prius. Samo na struju može voziti do 50 kilometara što omogućuje dostatnu udaljenost za gradsku vožnju i to bez ispuštanja $C0_2$, bez stvaranja buke i minimalne troškove.



Slika 7.7. Volkswagen Golf GTE

Sadrži Litij-ionske baterije od 8,7 kW koje se mogu puniti preko kućne mreže i to za 3,5 sati. Zatreba li automobil više snage ili se potroši struja, Golf VII e-Golf uključuje turbobenzinac 1,4 TSI (110 kW) te nesmetano nastavlja vožnju. Maksimalna brzina koju može postići je 222 km/h a ubrzava od 0-100 km/h u 7,6 sekundi.

S uračunatim državnim poticajem je za ovaj model potrebno izdvojiti oko 230.000 kuna [31].

Mercedes C 300 BlueTEC Hybrid

Mercedes C 300 BlueTEC Hybrid (Slika 7.8. [32]) je plug-in hibridna izvedba nove C-klase, koju pokreće sklop 2,1-litrenog dizelskog motora od 153 kW, elektromotora snage 20 kW i 7-stupanjskog automatskog mjenjača. S emisijom $C0_2$ od 94 g/km također ulazi u kandidate za dobivanje poticaja, uz čije korištenje stoji 360.300 kuna. Uz maksimalnu brzinu od 244 km/h, do 100 km/h stiže za 6,4 sekundi, a prosječno troši tek 3,6 l/100 km [31].



Slika 7.8. Mercedes C 300 BlueTEC Hybrid

Mercedes S 500 Plug-in Hybrid

Mercedes S 500 Plug-in Hybrid (Slika 7.9. [33]) predstavlja jedan od najluksuznijih modela hibridnih automobila. poticaji sa ovaj plu-in model hibrida će iznositi oko 50.000 kuna, pa će iznos na kraju biti oko 951.100 kuna. Hibridnu krstaricu pokreće 3,0-litreni V6 biturbo dizel motor od 244 kW i elektromotor od 85 kW. Troši samo 2,8 l/100 km, a do 100 km/h stiže za 5,1 sekundu [31].



Slika 7.9. Mercedes S 500 Plug-In Hybrid

BMW Serije 3 e-Drive

BMW Serije 3 e-Drive (Slika 7.10. [34]) je plug-in hibridna serija koja ima kombinaciju elektromotora i 2,0-litrenog turbobenzinca, ukupne snage 180 kW. Automatski mjenjač imat će 8 stupnjeva, a ispušta tek 50 g/km $C0_2$. Potrošnja je 2,1 l/100 km [31].



Slika 7.10. BMW Serije 3 e-Drive

BMW X5 e-Drive

BMW X5 e-Drive (Slika 7.11. [35]) je plug-in hibridna izvedba novog X5. Elektromotor i 2,0-litreni turbobenzinac zajedno razvijaju 180 kW (kao u seriji 3) skojim X5 postiže 235 km/h i prosječno troši samo 3,8 l/100 km. Autonomija na struju je 30 km [31].



Slika 7.11. BMW X5 e-drive

Volkswagen e-Up

Volkswagen e-Up (Slika 7.12. [36]) je hibridni automobil koji s državnim poticajem od 70.000 kuna košta oko 130.000 kuna. Posjeduje lektromotor snage 60 kW i 210 Nm koji nema poteškoća s pokretanjem 1185 kilograma teškog automobila. Za samo 12,4 sekunde bešumno vozi do 100 km/h, a najviše može postići 130 km/h. Autonomija automobila iznosi 160 kilometara [31].



Slika 7.12. Volkswagen e-Up

Volkswagen e-Golf

Volkswagen e-Golf (Slika 7.13. [37]) je hibridni automobil s elektromotorom snage 85 kW i 270 Nm koji omogućuje postizanje 140 km/h, dovoljno i za bržu vožnju otvorenom cestom. Punjenje baterija putem običnog punjača traje osam sati, a deklarirana autonomija automobila iznosi 190 kilometara [31].



Slika 7.13. Volkswagen e-Golf

Cijene ostalih novijih modela s uključenim državnim poticajem [31]:

Hibridni automobili

- Toyota Yaris 94.500 kn
- Toyota Auris 131.500 kn
- Toyota Auris TS 139.100 kn
- Toyota Prius 167.900 kn
- Toyota Prius+ 204.900 kn
- Citroen DS5 311.200 kn

Hibridni plug-in automobili

- Toyota Prius 242.900 kn
- Mitsubishi Outlander 289.900 kn
- Porsche Panamera 983.300 kn

ZAKLJUČAK

U završnom radu su opisane tehnologije hibridnog pogona automobila. Prvi dio rada obuhvaća opis samog hiridnog pogona te glavne dijelove takve vrste automobila. Drugi dio rada obuhvaća sve izvedbe hibridnog pogona automobila te njihov detaljan opis. Dalje, u drugom dijelu su navedene prednosti i nedostaci takvog pogona naspram klasičnih automobila. Treći dio obuhvaća detaljan opis regulacije automobila ovisno o režimu vožnje. U četvrtom i petom dijelu je opisana infrastruktura za punjenjenje hibridnih automobila te utjecaj takvih punionica na elektroenergetsku mrežu. U šestom dijelu je opisana prodaja, odnosno tržište hibridnih automobila u svijetu i u Hrvatskoj te vrste poticaja kakve Hrvatska daje za kupnju takvih automobila. Dalje, u šestom dijelu su opisani najpoznatiji modeli hibridnih automobila. Cijeli rad je popraćen slikama, tablicama i shemama za bolje razumijevanje teksta.

POPIS KORIŠTENE LITERATURE

[1] Portal saveza znanstvenika/ Hibridni pogon automobila; url: http://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles/how-do-hybrids-work#.V1rvXZGLTIW (10. Travnja 2016.)

[2] Slika dijelova hibridnog pogonskog sustava; url: https://www.fueleconomy.gov/feg/hybridtech.shtml (10. Travnja 2016.)

[3] Radovan Marin, Tehnologija automobila, Auto-mart, Zagreb, 2010.

[4] Ruprekha Brahmachari, Hybrid Cars, Indian Institute of Technology, Roorkee 2010; url: http://www.leb.eei.uni-erlangen.de/winterakademie/2010/report/content/course03/pdf/0308.pdf (10. Travnja 2016.)

[5] Slika konvertera; url: www.autoshop101.com (14. Travnja 2016.)

[6] Slika baterije; url: http://www.afdc.energy.gov/vehicles/electric_batteries.html (14. Travnja 2016.)

[7] Slika odnosa napona i kapaciteta litij-ionskih baterija/ Američka baterijska tvrtka; url: http://www.americanbatterycompany.com/about-abc.php (14. Travnja 2016.)

[8] Slika NiMH baterije; url: http://www.hybridcars.com/hybrid-car-battery/ (14. Travnja 2016.)

[9] Tablica karakteristika ostalih vrsta baterija/ Carlos Sousa Ageneal: Električna vozila, Local Energy Management Agency of Almada

[10] Slike serijskog, paralelnog i serijsko-paralelnog hibridnog automobila; url: http://www.utc.edu/college-engineering-computer-science/research-centers/cete/hybrid.php (15. Svibnja 2016.)

[11] Serijska i paralelna izvedba hibridnog automobila; url: http://www.livestrong.com/article/174905-the-difference-between-parallel-hybrid-cars-series-hybrid-cars/ (15. Svibnja 2016.)

[12] Paralelni hibridni automobil; url: http://www.greenfleetmagazine.com/channel/hybrids/news/story/2011/03/bae-systems-launches-hybridrive-parallel-propulsion-system-for-trucks.aspx (15. Svibnja 2016.)

[13] Slika usporedbe serijskih i paralelnih hibridnih automobila; url: http://www.oica.net/category/auto-and-fuels/alternative-fuels/hybrid/ (15. Svibnja 2016.)

[14] Slika Plug-in hibridnog automobila; url: http://www.nrel.gov/news/features/2006/1702 (15. Svibnja 2016.)

[15] Portal saveza znanstvenika/ Plug-in hibridni automobil; url: http://www.ucsusa.org/clean-vehicles/electric-vehicles/how-do-plug-in-hybrid-electric-cars-work#.V1mDT5GLTIV (15. Svibnja 2016.)

[16] Wikipedija/ slobodna enciklopedija/ Paralelni Plug-in hibridni automobil; url: https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_hybrid (16. Svibnja 2016.)

[17] Slika Mitsubishi Outlander-a; url: http://www.mitsubishi-cars.co.uk/outlander/explore-phev.aspx (16. Svibnja 2016.)

[18] Slika serijskog Plug-in hibridnog automobila; url: http://greenpowersystems.org/resources/commercial-evse/vehicles-electric-hybrid/ (16. Svibnja 2016.)
[19] Tablica potrošnje različitih vrsta automobila/ Hrvoje Buljević, električni pogon osobnih vozila, Elektrotehnički fakultet Osijek, 2015
[20] Prednosti i nedostaci hibridnih automobila; url: http://eauti.com/hibridni-automobili-prednosti-i-nedostaci/ (26. Svibnja 2016.)
[21] Osobna fotogalerija
[22] Davor Škrlec, Elektroenergetska infrastruktura za prihvat hibridnih i električnih vozila, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet elektrotehnike i računarstva 2011.
[23] E-auto guru/ web stranica za savjete za električne i hibridne automobile/ mapa punionica u Hrvatskoj; url: http://www.e-auto.guru/karta-punionica/ (26. Svibnja 2016.)
[24] Šemsudin Habibović, Hibridni automobili; url: http://documents.tips/documents/hibridni-automobili.html (29. Svibnja 2016.)
[25] Slika procjena udjela određenih vrsta automobila; url: https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EV_PHEV_Roadmap.pdf (29.Svibnja 2016.)
[26] Poslovna web stranica/ prodaja i poticaji na hibridne i električne automobile u Hrvatskoj; url: http://www.poslovni.hr/hrvatska/drzava-daje-70000-kuna-bespovratnih-poticaja-za-kupnju-elektricnog-ili-hibridnog-vozila-302241 (10. Lipnja 2016.)
[27] Najprodavaniji modeli u Hrvatskoj za 2014.godinu; url: http://www.e-auto.guru/vijesti/eko-poticaji-2015-iznosi-vrste-cijene-vozila/ (10. Lipnja 2016.)
[28] Službena stranica Toyota-e/ Slika Toyota-e Prius; url: http://www.toyota.com/prius/ (10. Lipnja 2016.)
[29] Slika vrste vožnje Toyota-e Prius/ Shunsuke Fushiki, Hybrid Vehicle Engineering Management Div.
[30] Slika Volkswagen Golfa GTE; url: http://www.caranddriver.com/news/2014-volkswagen-golf-gte-photos-and-info-news (10. Lipnja 2016.)
[31] Najpoznatiji modeli hibridnih automobila; url: http://www.jutarnji.hr/autoklub/aktualno/poplava-elektricnih-i-hibridnih-modela-u-hrvatskoj/473227/ (10. Lipnja 2016.)
[32] Slika Mercedesove hibridne C-klase; url: http://ecomento.com/2013/12/16/mercedes-confirms-hybrid-plug-hybrid-versions-2015-c-class/ (10. Lipnja 2016.)
[33] Slika Mercedesove hibridne S-klase; url: http://www.autotrader.com/car-news/mercedes-benz-s500-plug-in-hybrid-detailed-ahead-of-frankfurt-213522 (10. Lipnja 2016.)
[34] Slika BMW-ovog hibridnog modela serije 3; url: http://steeringnews.com/usa-2016-bmw-330e-phev-price-us44695-23542-2/ (10. Lipnja 2016.)
[35] Slika BMW-ovog hibridnog modela X5; url: http://www.autoevolution.com/news/2013-frankfurt-world-premiere-bmw-concept5-x5-edrive-live-photos-66755.html (10. Lipnja 2016.)
[36] Slika Volkswagena e-Up; url: https://en.wikipedia.org/wiki/Volkswagen_e-Up! (10. Lipnja 2016.)
[37] Slika Volkswagen e-Golfa; url: http://www.automobilesreview.com/pictures/volkswagen/ (10. Lipnja 2016.)

POPIS KORIŠTENIH OZNAKA I SIMBOLA

Oznaka ili simbol	Naziv	Mjerna jedinica
P	Snaga	W
v	Brzina	m/s (km/h)
l	Duljina	m (km)
U	Napon	V
I	Struja	A
t	Vrijeme	s
m	Masa	kg
V	Obujam (volumen)	m^3 (l)
M (T)	Moment	Nm
E	Energija	J (kWh)

SAŽETAK/ ABSTRACT

U završnom radu je opisan hibridni pogon automobila, dijelovi takvog automobila te njegovi svi načini rada ovisno o režimu vožnje. Opisane su sve vrste hibridnih automobila, način na koji njihove punionice djeluju na gradsku mrežu te prodaja takvih automobila u svijetu, Hrvatskoj i poticaji koje Hrvatska daje za kupnju takvih automobila. Na kraju su ukratko opisani najpoznatiji modeli hibridnih automobila. Sve je popraćeno slikama, tablicama i shemama za lakše razumijevanje.

Ključne riječi: hibridni automobil, baterija, električni motor, motor s unutarnjim izgaranjem, serijska izvedba hibridnog automobila, paralelna izvedba hibridnog automobila, prodaja, poticaji.

ABSTRACT

This final paper describes a hybrid car propulsion system, parts of this kind of car and all of its modes depending on the driving regime. It describes all types of hybrid cars, the way in wich their charging units affect the city power grid, sales of these cars in the whole world, in Croatia and the subsidies that Croatia gives for buying this kind of car. The most famous models of hybrid cars are briefly described at the end. Everything is accompanied by images, tables and diagrams for easier understanding.

Keywords: hybrid car, battery, electric motor, the internal combustion engine, serial version of hybrid cars, parallel version of hybrid cars, sales, subsidies.

ŽIVOTOPIS

Frano Zovko-Ribić rođen je 28.12.1994. u Osijeku. Pohađao je Osnovnu školu Mladost u Osijeku od 2001.do 2009.godine.

2009.godine je upisao Prvu gimnaziju Osijek u Osijeku koju je pohađao do 2013.godine. 2013.godine je pisao Državnu maturu s kojom se upisao ne preddiplomski studij Elektrotehničkog fakulteta u Osijeku, smjer Elektrotehnika te se na drugoj godini opredjelio za smjer Elektroenergetika. do 2016.godine je položio sve ispite. Informatički je pismen i izvrsno se služi programskim paketom Microsoft Office (Word, PowerPoint, Exell, Visio itd.). Tijekom studiranja je radio i u drugim programima kao što su Matlab, AutoCAD, DrafSight te mnogim drugima koji su bili sastavni dio kolegija.

U Osijeku, 15.06.2016 Frano Zovko-Ribić

Potpis: 