

Potpuno električna vozila, EV

Potpuno električna vozila imaju kao izvor električne struje za pogonski elektromotor (jedan ili više njih) samo veliku bateriju. Ova baterija sastavljena je od mnoštva Litij-ionskih baterija (oznaka 18650) sastavljene u jednu cjelinu. Često se ova vozila još označavaju u literaturi kraticom BEV (baterijska električna vozila) ili BEVs (Battery electric vehicles). Zbog velike potrebne električne energije pri punjenju baterije, vozilo se pri punjenju priključuje na zidnu strujnu utičnicu ili bolje na opremu za punjenje električnih vozila (EVSE, Electric Vehicle Supply Equipment). Potpuno električna vozila su vrlo tiha u vožnji i ne proizvode nikakve štetne produkte. Naravno, to ne vrijedi za sve proizvođače električne energije.

Obzirom da se danas električna energija može proizvoditi iz mnogo izvora (prirodni plin, nuklearna energija, ugljen, energija vjetera, hidroelektrane, solarna energija) i kao takvu ju pohraniti u baterije, električna energija se smatra alternativnim gorivom. Najveći problem je kako uskladištiti i sačuvati električnu energiju za poslije kada ju je moguće proizvesti više. Iz tih razloga dio električne energije se koristi za proizvodnju vodika koji se koristi kao pogon vozila na vodik.

Prednosti potpuno električnih vozila:

- ekološki podobna vozila jer nemaju nikakvu emisiju štetnih tvari
- imaju veliko ubrzanje
- brza prilagodba snage i okretnog momenta uvjetima vožnje
- mogućnost punjenja u vlastitim elektranama na obnovljive izvore energije
- moguće punjenje vozila noću kada je struja cjenovno povoljnija
- ne stvaraju buku, vrlo su tiha

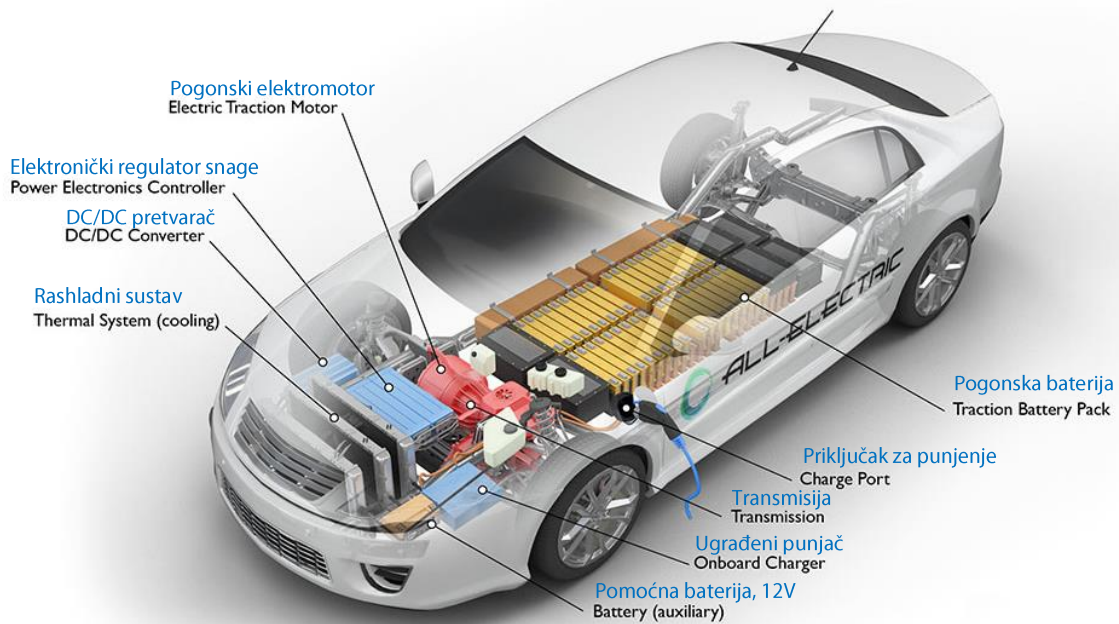
Nedostatci potpuno električnih vozila:

- cijena vozila je još uvijek velika
- cijena baterije je visoka
- na niskim temperaturama pada kapacitet baterije, a još treba grijati i kabinu vozila
- Litij-ionske baterije su lako zapaljive
- problem zbrinjavanja starih baterija
- proizvodnja Litij-ionskih baterija skupa i mnogo zagađuje okoliš
- još uvijek mali radijus kretanja vozila do sljedećeg punjenja
- veća masa vozila u odnosu na vozila sa unutrašnjim izgaranjem

Glavni sklopovi vozila sa gorivim ćelijama su:

- **DC/DC pretvarač**, ima ulogu da regulira istosmjernu struju visokog napona u istosmjernu struju od 12 V da bi svi uređaji u vozilu normalno radili kao i da izmjeničnu struju iz gradske mreže pretvara u istosmjernu i puni pogonsku bateriju. Ovo je ugrađeni punjač u vozilu.
- **Pomoćna baterija 12 V**, služi za napajanje svih uređaja vozila (osim pogonskog elektromotora).
- **Pogonska baterija**, pohranjuje električnu energiju tijekom punjenja sa vanjskog izvora i dobivenu električnu energiju pri generatorskom (regenerativnom) kočenju.
- **Pogonski elektromotor**, je glavni pogon vozila koji električnu energiju dobiva iz pogonske baterije.
- **Priključak za punjenje**, omogućava spajanje vanjskog izvora električne energije za punjenje pogonske baterije.
- **Regulator punjenja baterije**, pretvara izmjeničnu struju s vanjskog izvora u istosmjernu struju za punjenje pogonske baterije. Uz ovo, regulator još prati napon i jakost struje punjenja, napunjenost i temperaturu baterije.
- **Elektronički regulator snage**, regulira protok električne struje iz baterije pri čemu regulira broj okretaja i okretni moment pogonskog elektromotora ovisno o uvjetima vožnje.
- **Rashladni sustav**, održava potrebnu radnu temperaturu pogonskog elektromotora, energetske elektronike i ostalih komponenti.
- **Transmisija**, prenosi okretni moment od pogonskog elektromotora do pogonskih kotača.
- **Inverter energije**, pretvara istosmjerni napon od 400 V u izmjenični trofazni napon (230-330 V) potreban za pogon pogonskog elektromotora. Ujedno inverter pomaže upravljanjem

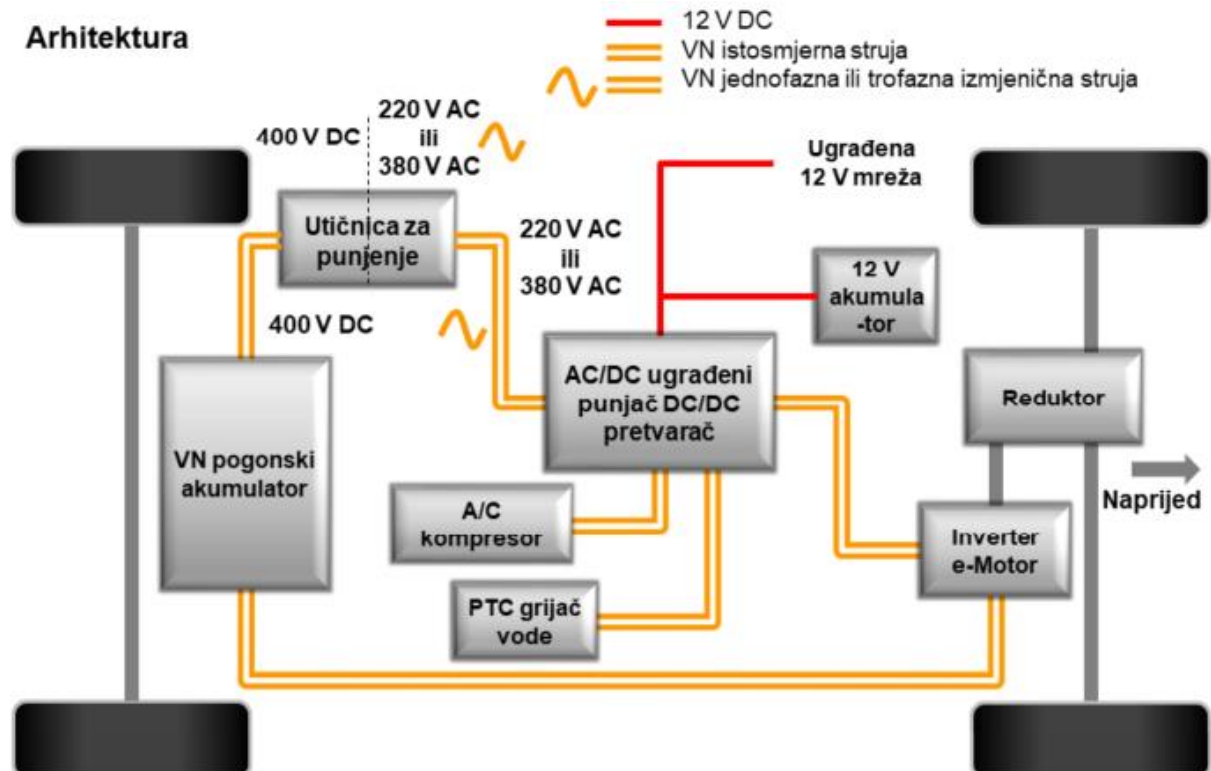
elektromotorom pri ubrzavanju, tijekom kočenja (povrata energije u bateriju) i promjenu vrtnje elektromotora (vožnja u nazad).



afdc.energy.gov

Slika 1: Glavni sklopovi potpuno električnog vozila, [1.]

Shematski prikaz (arhitektura) pojedinih električnih modula je prikazan na slici.



Slika 2: Shematski prikaz električnih modula na EV, [23]

VW ID.3 karakteristike

Radi usporedbe i kako izgledaju karakteristike EV vozila, uzmimo primjer VW ID.3 model.



Slika 3: VW ID.3 model, [3]

Karakteristike modela VW ID.3 su:

- $P_{\max.} = 150 \text{ kW}$
- radijus kretanja 300-550 km ovisno o odabranoj bateriji
- 30-minutna snaga motora 70 kW
- $a = 7,3 \text{ s}$ (ubrzanje od 0 do 100 m)
- potrošnja 15,5 kWh / 100 km
- baterije na izboru 45 kWh, 58 kWh ili 77 kWh
- moguće brzo punjenje baterije za 30 min
- cijena oko 50000 €

Visoki napon, VN

Napon je razlika električnog potencijala između dvaju točki a mjeri se u voltima (V). Što je električni napon veći, veća je i opasnost za čovjeka koji radi oko tih instalacija. Iz tih razloga za rad sa električnim vozilima potrebno je proći obuku da bi popravak EV vozila bio siguran za osobu koja obavlja popravak.

Ljudsko tijelo ima određeni električni otpor tako da kroz njega može prolaziti električna struja. Što je ljudsko tijelo izloženo većem naponu, veća je i opasnost po čovjeka.

Svi naponi koji prelaze određenu vrijednost su potencijalno opasni za čovjeka i smatraju se visokim naponom, VN. Opasna situacija po čovjeka nastaje kada se dođe u kontakt s naponskim vodom i zemljom (ili masom vozila). Jednostavno rečeno, kada se čovjek nađe u zatvorenom strujnom krugu.

Granične vrijednosti opasnih napona su:

- AC > 25 V (izmjenični napon)
- DC > 60 V (istosmjerni napon)

Rad na VN komponentama vozila ili oko njih dozvoljeno je samo ako je VN strujni krug isključen. Isključivanje i uključivanje VN sustava vozila smije obavljati samo VN tehničar prema uputama proizvođača.

U slučaju da čovjek dođe pod utjecaj visokog napona, treba napraviti sljedeće:

- ukloniti izvor opasnosti, tj. isključiti izvor napajanja,
- pružanje prve pomoći povrijeđenoj osobi,
- pozivanje hitne pomoći i
- biti uz osobu dok ne dođe hitna pomoć.

VN jedinice

Visoko naponska instalacija je uvijek potencijalno opasna i kada je ispravna, zato:

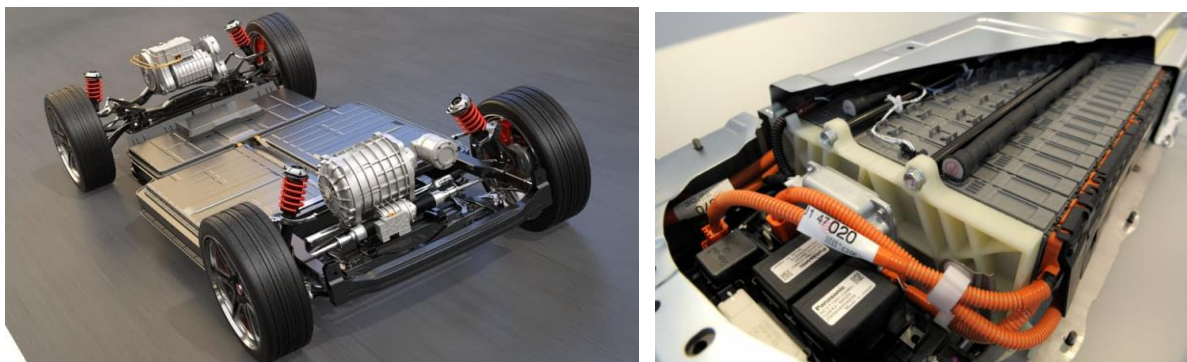
- je VN instalacija je potpuno odvojena (žično) od 12 V-tne instalacije,
- su svi visokonaponski kablovi narančaste boje,
- su sve visokonaponske komponente označene upozorenjem,
- se u slučaju aktiviranja zračnih jastuka VN instalacija automatski isključuje,
- DC/DC pretvarači su galvanski razdvojeni i
- se u slučaju detekcije neispravnog spoja VN sustav isključuje.

EV Baterija

EV Baterija je još uvijek najveći problem. Još uvijek su vrlo skupe, kratak vijek trajanja (do 10 godina) i relativno mala pohrana energije, zahtijevaju sporo punjenje. Mala pohrana energije izravno utječe na radijus kretanja vozila. Kako su baterije najveći ograničavajući faktor i kako je određeno da se vozila sa unutrašnjim izgaranjem uskoro neće više proizvoditi, mnogi proizvođači ulažu znatna sredstva u istraživanje boljih i trajnijih baterija. Bez obzira na probleme, razvoj baterija ide ubrzano tako da im se polako povećava radijus kretanja, skraćuje vrijeme punjenja i polako im cijene postaju prihvatljivije.

Na karakteristike baterije bitno utječe unutarnja temperatura baterije. Litij-ionske baterije mogu raditi u području temperatura od $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $+55\text{ }^{\circ}\text{C}$. Optimalne temperature bi bile od $+15^{\circ}\text{C}$ do $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$. Sve izvan ovoga smanjuje performanse baterije i vijek trajanja.

Treba uzeti u obzir da nakon dužega stajanja vozil, baterija nije na radnoj temperaturi i treba ju ugrijati bez obzira ako je bila neko vrijeme u toplom prostoru. Isto tako, bateriju treba hladiti tijekom punjenja jer se one značajno griju.



Slika 4: Baterija u EV vozilu, [4, 5]

Danas postoje sljedeće vrste baterija:

- olovne baterije (Pb), 12 V...nisu prihvatljive zbog velike mase
- Nikal-metal-hibridna baterija (NiMH), 1,2 V/članku
- Litij-ionska baterija (Li-ion), 3,7 V/članku, (litij jako skup, njegova proizvodnja i reciklaža problem, osjetljiva na duboko pražnjenje ispod 3 V, potrebno ih hladiti tijekom rada)
- Natrij-ionska baterija (jeftinija, natrij ne spada u rijetke metale, nije zapaljiv, bolje karakteristike na niskim temperaturama u odnosu na Li-ion baterije)
- krutog stanja (Solid State) omogućava brže punjenje (par minuta) i duplo veći vijek rada u odnosu na Litij-ionske baterije...ali...još je u fazi razvoja

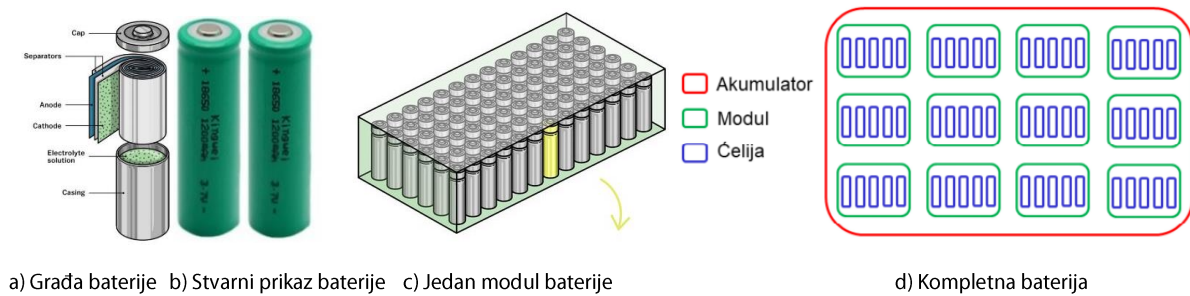
Još uvijek se naviše koriste Litij-ionske baterije koje se slažu u setove iz mnogo pojedinačnih baterija. Bazni napon ovih baterija je 3,7 V koji ne bi trebao pasti ispod 3 V. Ako napon padne ispod 2,5 V baterija će u većini slučajeva biti nepovratno uništena. Isto tako, nakon punjenja baterije napon ne bi smjeo biti veći od 4,2 V. Kako razlika između pojedinih ćelija ne bi smjela biti veća od 0,05 V ugrađuje se upravljačka jedinica (TBMU) u

bateriju. Ova upravljačka jedinica je u sastavu akumulatora i kao takva nije dostupna osim dijagnostički pomoću dijagnostičkog uređaja.

Oblikovanje setova je moguće prema prostoru u karoseriji.

VN baterija se sastoji od:

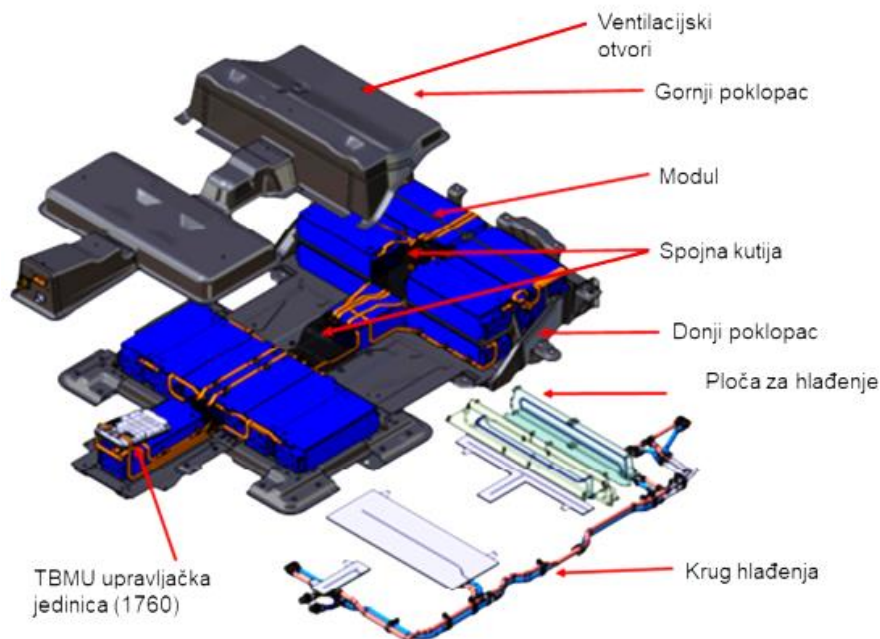
- moduli su sastavljeni od ćelija, a svaka je opremljena upravljačkom jedinicom
- osjetnika temperature
- releja napajanja
- osjetnika napona
- prekidača strujnog kruga
- upravljačke jedinice
- sustava za otkrivanje istjecanja struje



Slika 5: Li-ionske baterije 18650, [6, 7]

Hlađenje baterije

Hlađenje baterije je bitno zbog održavanja temperature u optimalnom rasponu. Uslijed pražnjenja u vožnji, punjenja pri regeneracijskom kočenju ili punjenju na punionici, baterija se zagrijava i potrebno ju je hladiti. Za hlađenje su ugrađeni ventilacijski otvori, kao i rashladni krug za hlađenje tekućinom.



Slika 6: Sustav hlađenja baterije, []

Neke karakteristike baterija prikazane su u slijedećoj tablici.

Tablica 1: Karakteristike EV baterija (BMW i3), [24]

94 Ah baterija				120 Ah baterija			
Ćelija baterije		Paket baterije		Ćelija baterije		Paket baterije	
kapacitet	94 Ah	broj ćelija	96	kapacitet	120 Ah	broj ćelija	96
napon	3,68 V	ukupni kapacitet	33,6 kWh	napon	3,66 V	ukupni kapacitet	42,2 kWh
energija	350 Wh	kapacitet na raspolaganju	27,2 kWh (81 %)	energija	440 Wh	kapacitet na raspolaganju	37,9 kWh (90 %)
masa	2,01 kg	masa	256 kg	masa	2,24 kg	masa	278 kg
gustoća energije	174 Wh/kg	gustoća energije	131 Wh/kg	gustoća energije	196 Wh/kg	gustoća energije	152 Wh/kg
oblik	prizmatični	TMS	aktivno hlađenje tekućinom	oblik	prizmatični	TMS	aktivno hlađenje tekućinom
oznaka	NCM 111			oznaka	NCM 622		
proizvođač	Samsung SDI			proizvođač	Samsung SDI		

MSD utikač

EV baterije zbog sigurnosti posjeduju utikač strujnog kruga, tj. visokog napona, takozvani MSD utikač. MSD utikač se razdvaja ručno. Odvajanjem MSD utikača napon na bateriji je i dalje prisutan, samo je isključen visoki napon na vozilu i napon na pojedinim sekcijama baterije. Svako otvaranje poklopca baterija nije dozvoljeno jer su manji moduli baterije i dalje pod naponom i nije ih moguće isključiti. Kompletna baterija ima masu oko 200 kg i sastavljena je iz manjih modula, a moduli iz pojedinačnih baterija. Zbog velike mase baterije i velike opasnosti od visokog napona i mogućnosti zapaljenja rukovaoci trebaju proći obuku i koristiti specijalizirane alate.



Slika 7: MSD utikač, [8, 9, 10]

Kablovi i priključnice

Zbog sigurnosti jer se kablovima nalaze visoki naponi, svi visoko naponski kablovi (VN) na EV vozilima narančaste su boje i kvalitetnije izvedbe. Ovi kablovi iz tih razloga imaju dva sloja izolacije i na sebi imaju dodatne oznake upozorenja.

Svi potrebni popravci na kablovskoj instalaciji smije obavljati samo osposobljena osoba i kada oni nisu pod naponom.



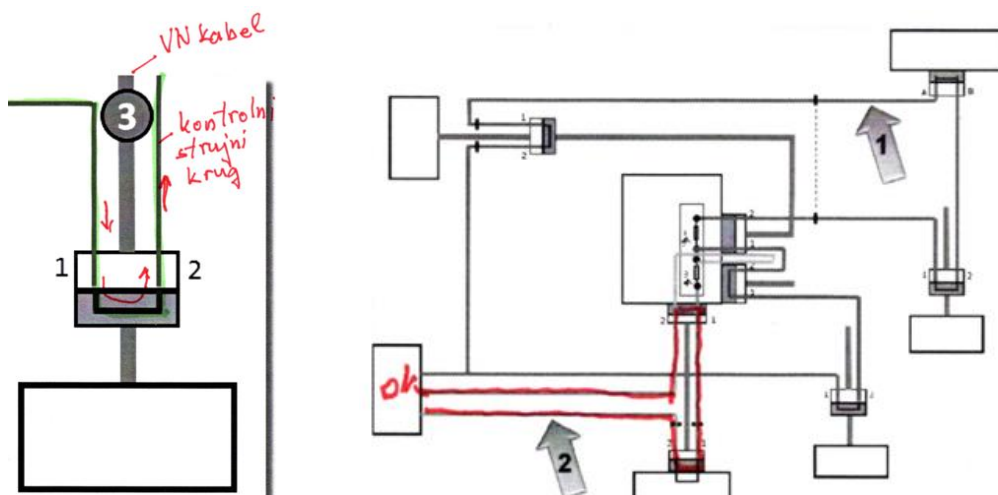
Slika 8: Prikaz VN kablovske instalacije, [11]

Sva priključna mjesta VN instalacije imaju specijalno izvedene utičnice. Sve utičnice se mogu samo spojiti sa svojim utikačem.



Slika 9: Prikaz VN utikača, [12]

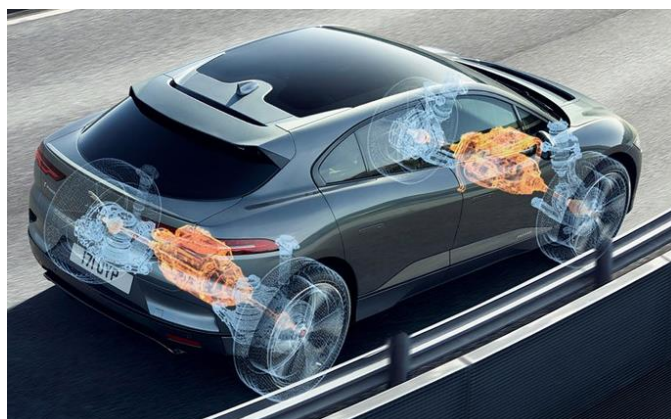
Zbog kontrole da su VN priključi ispravno spojeni i ispravni koristi se međuspojna petlja (HVIL) koja je u seriji svake visokonaponske komponente i kao takva daje povratnu informaciju da je priključno mjesto ispravno, tj. dobro spojeno.








Slika 10: Prikaz kontrolnog strujnog kruga na VN utikačima

Pogonski elektromotor / generator

Kao pogonski agregat, koristi se trofazni AC sinkroni ili asinkroni elektromotor koji ima funkciju elektromotora (pogon na kotače) i generatora (usporavanje, kočenje). Obzirom da je pogonski elektromotor i ujedno generator električne struje treba izbjegavati okretanje rotora elektromotora jer se može inducirati opasni napon bez obzira što je sva VN instalacija fizički odvojena od baterije.

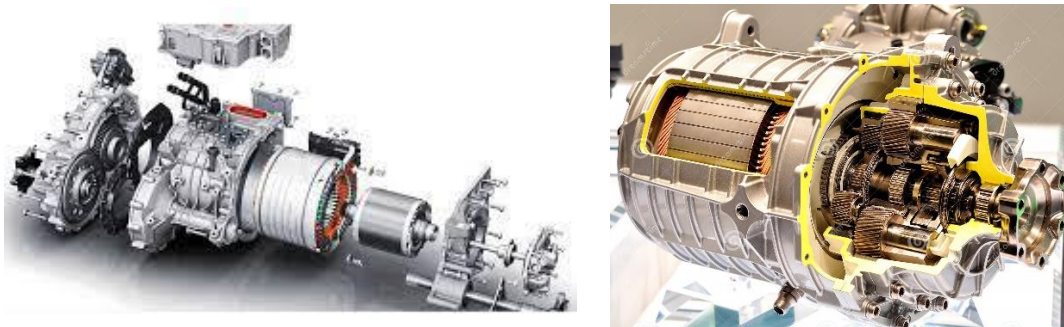


Slika 11: Smještaj pogonskih elektromotora, [17]

ITEM					
Max. Output(kW)	4.5	7.5	100	120	80
Max. Speed	6,000	8000 r/min	12,500 r/min	9,000 r/min	10,000
Torque(N.m)	90	190	300	600	250
Type	IM	IM	IM	IM	Pma_SynRM
Cooling	Self Cooled	Self Cooled	Water	Water	Water
Application	Golf Car	Micro Mobility	SUV(FCEV)	Delivery Truck	Compact Car

Slika 12: Karakteristike nekih pogonskih elektromotora, [18]

U slučaju da je vozilo u kvaru i treba ga vući, pogonski kotači ili kotač ne smije biti u mogućnosti kotrljanja jer bi se time vrtio i pogonski elektromotor koji bi se mogao pregrijati i tako oštetiti ili brzina pri vući ne smije biti veća od 5 km/h. Ako su pogonski (prednji) kotači u zraku možemo vozilo u kvaru vući pod uvjetom da je otpuštena EPB (Elektronička parkirna kočnica).



Slika 13: Pogonski elektromotor / generator, [13, 14]

Elektronički regulator snage (Inverter)

Inverter je jedan od najvažnijih uređaja električnog i hibridnog vozila jer:

- pretvara struju
 - o visoki istosmjerni napon baterije pretvara u izmjeničnu trofazni napon za pogon pogonskog elektromotora
 - o pri kočenju ili usporavanju elektromotor radi kao generator i proizvodi izmjeničnu struju koju inverter pretvara u istosmjernu visokog napona i tako kontrolirano puni VN bateriju.
- upravlja pogonskim elektromotorom
 - o regulira režim vožnje ovisno o odabiru vozača (broj okretaja i okretni moment elektromotora)
 - o sinkornizacija napajanja faza statora
 - o osposrba faza energijom ili njihovo spajanje sa masom
- usporavanje pogonskog elektromotora
 - o preko snažnih tranzistora stvara veliki moment otpora
- kontrola punjenja baterije
 - o kontrolira i regenerativno (generatorsko) punjenje baterije

Inverter ima:

- elektromagnetski filter koji onemogućava utjecaj na rad vanjskog elektromagnetskog polja
- kondenzator koji poravnava napon pri punjenju baterije. U kondenzatoru može ostati struja i nakon 2 minute nakon što se isključi kontakt ključ.
- strujni krug sa otpornikom za pražnjenje kondenzatora

Zamjenu invertera smije obavljati samo obučena osoba!

ITEM					
Model	eVi1P08-V35	eVi2P10-V65	eVi3P15-V65	eVi4P20-V65	PHEVP20-V65
Output [kW]	40/80	50/100	75/150	100/200	100/200
Rated Voltage [Vdc]	350	650	650	650	650
Operation Voltage [Vdc]	12~24	12~24	12~24	12~24	12~24
Output Current [Arms]	150/300	150/300	200/400	300/600	300/600
Cooling	Water	Water	Water	Water	Water
Protection Level	IP67	IP67	IP67	IP67	IP67
Dimension [mm]	267*284*107	301*362*112	301*420*120	498*374*129	499*315*174
Weight [kg]	9.4	12	16	25	28

Slika 14: Neki elektronički regulatori snage s karakteristikama, [18]

VN kondenzator

Visokonaponski kondenzator se koristi kod potpuno električnih i hibridnih vozila radi povećanja korisnog okretnog momenta i faktora snage. Kondenzator je zapravo privremeno spremište električne energije koju elektromotor koristi kada treba veću količinu energije za postizanje boljeg okretnog momenta. VN kondenzator je predviđen da pohranjuje energiju za velike snage i pri čemu mora izdržati česte cikluse punjenja i pražnjenja.

Karakteristike jednog od visokonaponskih modula kondenzatora XLR-48 su [2]:

- $U = 48 \text{ V}$, (napon cijelog modula)
- $C = 166 \text{ F}$, (kapacitet kondenzatora)
- modul je sastavljen od 18 pojedinačnih 2,7 V XL60 superkondenzatorskih ćelija
- $m = 14,7 \text{ kg}$, (masa)
- $E = 194,4 \text{ kJ}$, (energija)
- $P = 59 \text{ kW}$, (snaga)
- $I_{\text{max.}} = 2204,3 \text{ A}$, (vršna struja u 1 sekundi)
- $I = 86,6 \text{ A}$, (kontinuirana struja pri temperaturi od $15 \text{ }^\circ\text{C}$)



Slika 15: Modul VN kondenzatora XLR-48, [2]

Oznake upozorenja

Oznake upozorenja su postavljene na sve dijelove i komponente motora koje su pod stalnim visokim naponom. Oznake su postavljene vidljivo sa izraženom crvenom bojom, što znači da su ti moduli pod stalnim visokim naponom.



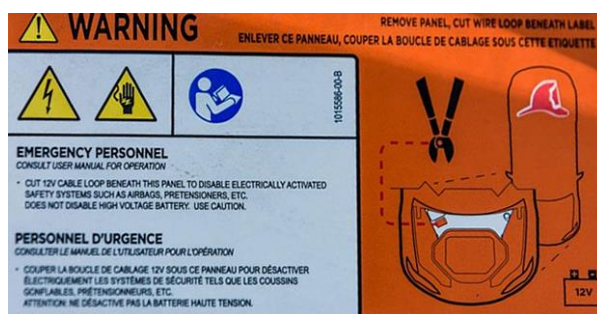
Slika 16: Oznaka upozorenja, [16]

Na bateriji koja je pod stalnim visokim naponom bez obzira da li je električna instalacija vozila pod naponom ili ne postavljena je oznaka opasnosti.



Slika 17: Oznaka opasnosti na bateriji, [15]

U slučaju prometne nezgode velika je vjerojatnost da je visokonaponska instalacija oštećena i kao takva je opasna za ljude u vozilu i one koji im pružaju pomoć. Da bi visokonaponsku instalaciju odvojili od baterije na najpristupačnije mjesto je postavljeno mjesto gdje se može presjeći instalacija i tako fizički odvojiti bateriju. Naravno, ovo presijecanje obavljaju stručne osobe, a to su najčešće vatrogasci koji su tu preventivno radi mogućeg izbijanja požara ili radi gašenja postojećeg požara. Da bi se izbjegle nedoumice, proizvođači vozila na vidljivo mjesto stavljaju oznaku i upozorenje gdje se treba presjeći instalacija.



Slika 18: Oznaka mjesta presijecanja VN instalacije, [17]

Procedura rada sa EV vozilima

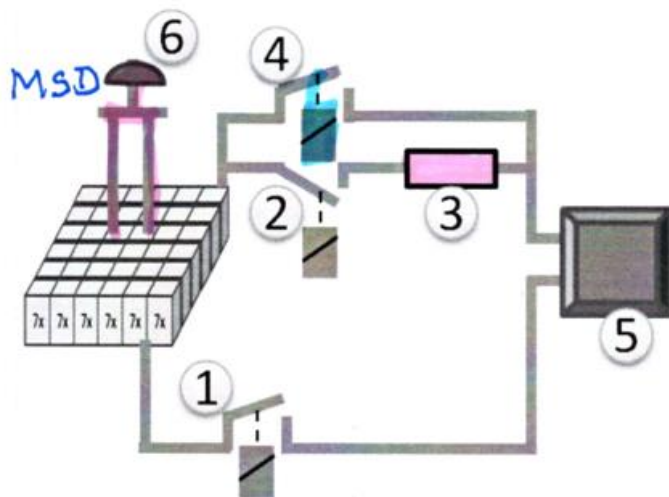
Prije bilo kakvih radova na EV vozilu, treba proučiti upute proizvođača jer od vozila do vozila postoje razlike u postupanju. Prostor za rad je strogo definiran, kako treba izgledati i što sadržavati kao što je prikazano na slici. Vrlo je bitna urednost prostora za rad, specifična ograda sa znakovima upozorenja, propisani vatrogasni aparat, specijalni alati i sl.. Treba naglasiti da sva ispitivanja na instalaciji od 12 V može se raditi kao i na vozilima s unutrašnjim izgaranjem za razliku od visokonaponskih instalacija gdje su izmjenični naponi i do 400 V.



Slika 19: Izgled prostora za održavanje EV, [22]

Postupak uključivanja i isključivanja VN radi sigurnosti u radu može se obaviti na više načina i to:

- On-Bord dijagnostikom
- VN mreža je odvojena od 12 V mreže
- VN kablovi i priključci su narančaste boje
- Sve komponente VN su označene upozorenjima
- ručno servisno isključivanje baterije i osigurača
- glavnim relejom baterije
- elektroničkim modulom baterije
- isključivanjem visokog napona odvajanjem VN priključaka ili poklopaca (HVIL petlja)
- automatskim pražnjenjem jedinice za pohranu energije (kondenzatora)



Slika 20: Prikaz mjesta za isključivanje VN

Relej 1 i 2 se uključuju nakon uključivanja vozila

Otpornik 3 ima visoki otpor i propušta određenu struju kroz strujni krug. Ako postoji kratki spoj u VN instalaciji to će se pokazati kao manji otpor u strujnom krugu.

Relej 4, kada struja dostigne potrebnu razinu, uključuje se VN snaga potrebna za pogon vozila

Postupak isključivanja VN

Kako je vozilo na električni pogon pod visokim naponom potrebno je isključiti visoki napon prije bilo kakvih popravaka na vozilu na visokonaponskim modulima i instalaciji. Da u vozilu nisu snažni kondenzatori, bilo bi dovoljno samo isključiti neki prekidač i moglo bi se pristupiti popravku. Ali, zbog snažnih kondenzatora koji su nabijeni električnom energijom i koji i nakon isključivanja nekog prekidača mogu biti izuzetno opasni treba ih isprazniti. Pražnjenje zahtjeva određeno vrijeme i za to vrijeme na vozilu se ne smije raditi ništa.

Kada se donese odluka da treba isključiti VN na vozilu, to obavlja obučeni VN tehničar. Postupak isključivanja VN je sljedeći:

- postavlja se crvena oznaka upozorenja na vidljivo mjesto pored vozila



Slika 21: Oznake upozorenja i zabrane pristupa vozilu, [19, 13]

- postavlja se ograda oko vozila i obilježava žutom oznakom upozorenja
- treba spriječiti moguće pomicanje vozila
- pratiti neke specifične korake koje je odredio proizvođač
- izvaditi ključ iz brave radi sprječavanja neželjenog pokretanja vozila
- odvojiti klemu mase baterije 12 V
- fizički odvojiti MSD konektor i spremi ga na sigurno mjesto izvan vozila
- osigurati otvorenu MSD utičnicu
- sačekati predviđeno vrijeme radi pražnjenja kondenzatora
- provjeriti koliki je napon na vodu za testiranje kao mjera sigurnosti da nema opasnosti od visokog napona
- dokumentirati protokol isključivanja, potpisati i postaviti dokument na vidljivo mjesto
- promijeniti crvenu oznaku upozorenja u zelenu „Isključeno“



Slika 22: Oznaka da je vozilo sigurno za rad, [20, 21]

Postupak uključivanja VN

Postupak uključivanja VN nije ništa manje opasan i treba poštivati određeni redoslijed rada bez obzira da li to radite prvi puta ili tko zna koji put. Općenito, postupak uključivanja je sličan isključivanju VN ali obrnutim redoslijedom.

Postupak uključivanje VN na vozilu je slijedeći:

- Ukloniti upozorenje „Isključeno“ i staviti crveno upozorenje „Uključeno“
- Postaviti zaštitnu ogradu oko vozila i žuti znak upozorenja
- osigurati vozilo od pomicanja
- pratiti specifične upute proizvođača
- provjeriti da li su ključ za startanje i MSD utikač još uvijek na sigurnom mjestu
- provjeriti da nije spojen punjač i spojena baterija 12 V
- vizualno provjeriti da su svi VN kontakti ispravno spojeni, uklonjeni svi alati iz vozila
- obaviti test električnog otpora sa masom ako su VN komponente bile uklanjane ili zamijenjene
- ukloniti zaštitu i priključiti MSD utikač
- vratiti spoj na masu baterije 12 V
- obaviti završne provjere prema uputama proizvođača
- evidentirati urađeno i potpisati
- ukloniti crvenu oznaku upozorenja i zaštitnu ogradu

Punjenje EV baterije

Kao i sve, baterija se prazni tijekom rada tako da ju je moguće puniti na dva načina, i to:

- kad je vozilo spojeno na kućnu ili javnu mrežu za punjenje (ultra brzo, brzo ili sporo punjenje)
- kada vozilo koči (generatorsko kočenje), može uštediti do 10 % radijusa kretanja



Slika 23: Punionica i priključak za punjenje EV, [26, 25, 27]

Kada se vozilo puni iz vanjskog izvora, pri priključku utikača za punjenje on biva zaključan. Njegovo zaključavanje kao i otključavanje osigurava DC/DC punjač. Pri punjenju treba pratiti svjetlosne indikatore koji pokazuju da je punjenje u tijeku, punjenje završeno ili ako se pojavila neka greška. Postoji i mogućnost odgađanja punjenja, npr. kada bude jeftinija struja na kućnom priključku.

Vrsta punjenja	Prednosti	Nedostatci
AC (izmjenična struja)	<ul style="list-style-type: none"> – moguće punjenje bilo gdje na gradskoj mreži – postupkom punjenja upravlja vozilo – ne trebamo postaju za punjenje 	<ul style="list-style-type: none"> – treba imati ugrađen punjač (OBC) – dodatni troškovi pri kupnji vozila – mala snaga punjenja
DC (istosmjerna struja)	<ul style="list-style-type: none"> – punjač i kabel na postaji za punjenje – brzo punjenje 	<ul style="list-style-type: none"> – velika stanica i potrebna jaka infrastruktura – naplata stanica za punjenje

Vrste priključaka za punjenje nisu svugdje iste tako da postoje određene razlike po državama i ovisno radi li se o AC ili DC punjenju.



Slika 24: Vrste priključaka za punjenje EV vozila, [28]

Svaka vrsta punjača ima svoju vrstu konektora koji su prilagođeni snazi punjenja kao i vrsti struje (AC, DC). Tako da postoje:

- **ultra brzi punjači** koji imaju dva tipa konektora i kabeli su spojeni na postaju za punjenje (nemaju sva vozila mogućnost brzog punjenja):
 - DC punjenje snage iznad 50 kW (CHAdeMO i CCS priključci)
 - AC punjenje snage iznad 43 kW (tip 2 priključci)
 - punjenje traje 20-30 minuta
- **brzi punjači:**
 - AC punjenje na 7kW ili 22 kW (tip 1 i tip 2 priključka)
 - DC punjenje (manje zastupno) na 25 kW (CCS i CHAdeMO priključci)
 - punjenje traje 4-6 sati
- **spori punjači:**
 - na postaji za punjenje ili kućnom priključku 3-6 kW
 - punjenje traje 6-12 sati

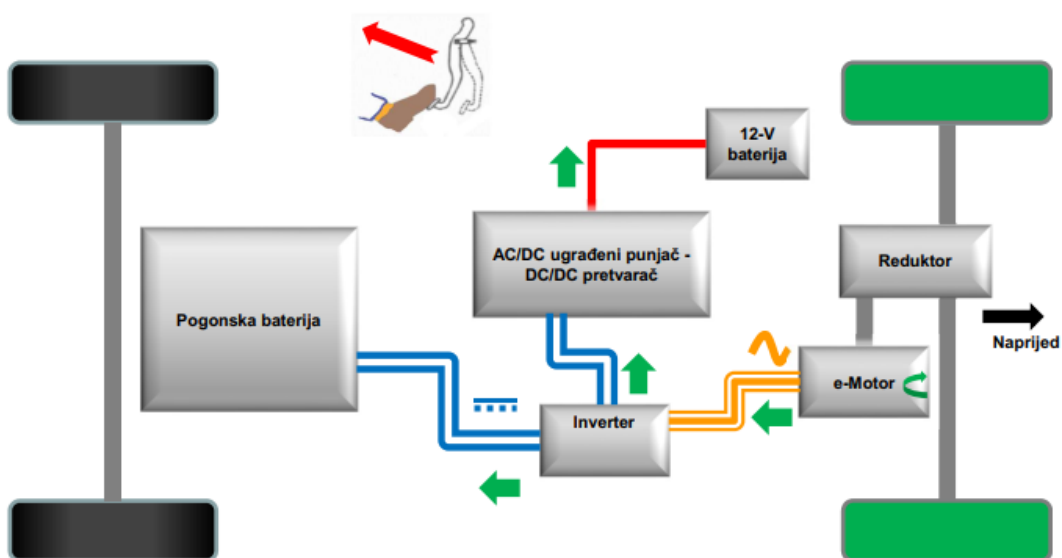
Režimi vožnje bitno utječu na potrošnju električne energije. Za svaki režim vožnje koristi se druga raspoloživa snaga pogonskih elektromotora. Naravno, treba nastojati koristiti najmanje agresivan režim vožnje jer se time smanjuje potrošnja električne energije baterije, tj. vožnja je za nas jeftinija.

Obično su tri režima vožnje, i to npr. Corsa-e ima:

- **Sport**, najbolje vučne karakteristike, najveću snagu (100 kW) i okretni moment (260 Nm).
- **Normalno**, optimalno za svakodnevnu upotrebu. Snaga 80 kW i okretni moment 220 N.
- **Eco**, optimalne vučne karakteristike za postizanje najvećeg radijusa kretanja. Snaga 60 kW i okretni moment 180 Nm.

Funkcija kočenja je vrlo bitna i treba ju koristiti što češće jer se dio energije na kočenje vraća kroz punjenje baterije. Postoje barem dvije opcije:

- **funkcija vožnje**, usporavanjem ili kočenjem se manji dio energije regenerativno vraća punjenjem baterije
- **regenerativna funkcija kočenja**, kočenje elektromotorom (generatorom) je mnogo agresivnije i veći dio energije koji bi se inače potrošio trenjem na stvaranjem topline vraća se u bateriju.



Slika 25: Protok energije pri usporavanju ili kočenju

Kada je potrebno brže zaustavljanje vozila, kočenju elektromotorom pomažu klasične tarne kočnice koje se tada aktiviraju.

Kratice:

- BEV - potpuno baterijsko vozilo (Battery Electric Vehicle)
- PHEV - Plug-in hybrid electric vehicles
- VN - visoki napon
- ECPB - utičnica za punjenje, elektronička kutija za punjenje
- OBC - ugrađeni punjač (On Board Charger)
- DC/CD - HT DC / 12 V pretvarač
- EACC - elektronički kompresor za klimatizaciju
- TBMU - jedinica za upravljanje pogonskom baterijom

Izvori fotografija

1. ***: <https://afdc.energy.gov/vehicles/>, (23.02.2024.)
2. ***: <https://www.eaton.com/>, (23.02.2024.)
3. ***: <https://www.autozubak.hr/>, (23.02.2024.)
4. ***: <https://www.istockphoto.com/>, (23.02.2024.)
5. ***: <https://evautotech.co.uk/>, (23.02.2024.)
6. ***: <https://nipv.nl/>, (23.02.2024.)
7. ***: <https://www.aliexpress.com/>, (23.02.2024.)
8. ***: <https://lens.google.com/>, (23.02.2024.)
9. ***: <https://elvsolutions.org/>, (23.02.2024.)
10. ***: <https://www.amphenol-industrial.de/>, (23.02.2024.)
11. ***: <https://nustechologies.com/>, (23.02.2024.)
12. ***: <https://www.motortrend.com/>, (23.02.2024.)
13. ***: <https://pmmonline.co.uk/>, (23.02.2024.)
14. ***: <https://resources.sw.siemens.com/de-DE/>, (23.02.2024.)
15. ***: <https://www.rededuct.com/>, (23.02.2024.)
16. ***: <https://pmmonline.co.uk/>, (24.02.2024.)
17. ***: <https://able-electrician.co.uk/>, (24.02.2024.)
18. ***: <https://cdn.komachine.com/>, (24.02.2024.)
19. ***: <https://www.prosol.co.uk/>, (24.02.2024.)
20. ***: <https://www.motor.com/>, (24.02.2024.)
21. ***: <https://fordspecialtools.service-solutions.com/en-US/>, (24.02.2024.)
22. ***: <https://www.sicamedistribution.co.uk/>, (24.02.2024.)
23. ***: <https://autoexpert.pl/>, (24.02.2024.)
24. ***: <https://pushevs.com/>, (24.02.2024.)
25. ***: <https://www.zgradonacelnik.hr/>, (24.02.2024.)
26. ***: <https://www.hep.hr/>, (24.02.2024.)
27. ***: <https://hr.ml-vehicle.com/>, (24.02.2024.)
28. ***: <https://www.ev-trgovina.com/>, (24.02.2024.)
29. ***: (25.02.2024.)

Izradio: Antun Babić, dipl. ing. strojarstva