



Avrupa Birliđi tarafından
ortak finanse edilmektedir



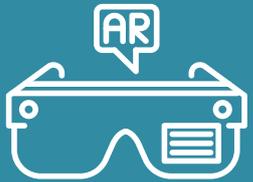
AR-VET



REVOLUCIJA U VET: AR OBUKA ZA ELEKTRIČNE AUTOMOBILE

2024-1-TRO1-KA220-VET-000256976

[HTTPS://AR-VET.NET/](https://ar-vet.net/)



AR-VET





PARTNERI NA PROJEKTU



Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



Technical University of Sofia
We **succeed!**



SADRŽAJ



PREGLED PROJEKTA

ELEKTRIČNA VOZILA NA BATERIJE

PODSISTEM ELEKTRIČNOG POGONA

OBUKA O FIZIČKOM UPRAVLJANJU, ODRŽAVANJU I POPRAVKAMA
ELEKTROMOTORA I PRIKLJUČCIMA

ISTORIJAT ELEKTRIČNIH VOZILA

TEHNIČKA ANALIZA TEHNOLOGIJA AC/DC PUNJENJA I
SISTEMA ZA BRZO PUNJENJE

OSNOVE SISTEMA UPRAVLJANJA, VEŠANJA I
KOČENJA

NIVOI INTEGRACIJE I ARHITEKTURE

AR/VR TRENING SCENARIO: KVAR KOČIONOG SISTEMA
TOK SIMULACIJE I POPRAVKE

PRIMERI IZ STVARNOG SVETA

INTERAKTIVNI MODULI O DINAMICI VOZILA I
TRANSMISIJI

BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU PRI SERVISIRANJU
ELEKTRIČNIH VOZILA: SVEOBUHvatNI VODIČ ZA ANALIZU I
IMPLEMENTACIJU

BEZBEDNOSNI RIZICI VEZANI ZA VISOKI NAPON I LIČNA
ZAŠTITNA OPREMA

ANALIZA RIZIKA U OBLASTI ODRŽAVANJA I OPERATIVNI
KORACI ZA AR/VR SIMULACIONE APLIKACIJE

SCENARIJI VANREDNIH SITUACIJA: AKCIJE U SLUČAJEVIMA
POŽARA, STRUJNOG UDARA, ČURENJA GASA ITD.

OPERATIVNI KORACI ZA RAZVOJ MODULA ZA OBUKU ZA
PREPOZNAVANJE OPASNOSTI ZASNOVANOG NA AR/VR

DIZAJN POSTERA: „VODIČ ZA BEZBEDAN RAD U SERVISIRANJU
ELEKTRIČNIH VOZILA“

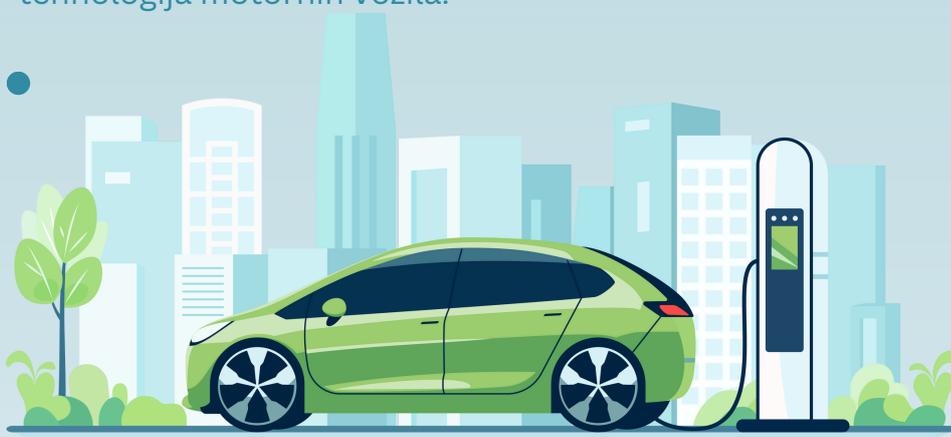
ZAKLJUČAK I SVEOBUHvatNE PREPORUKE





Pregled projekta

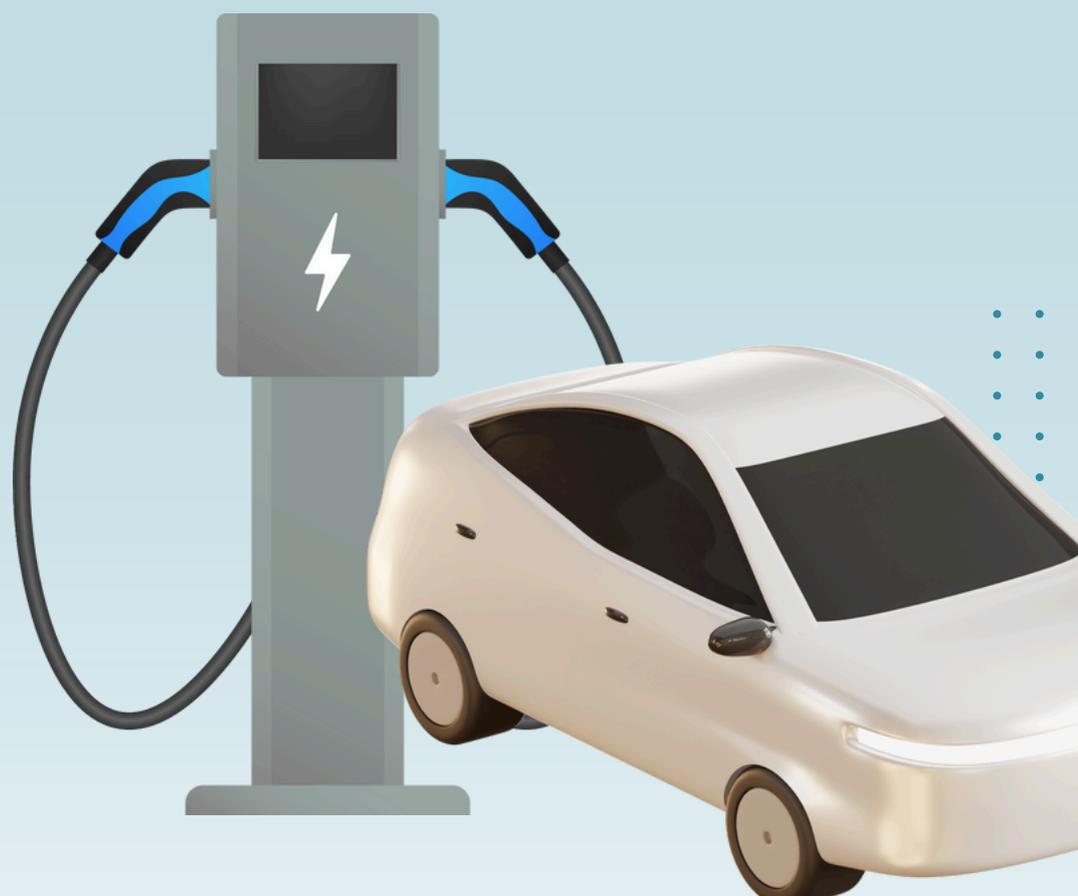
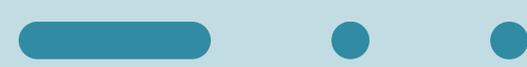
Projekat Spajanja stručnog obrazovanja sa proširenom stvarnošću ima za cilj da obuču učenike u stručnom obrazovanju modernim veštinama, znanjem i praktičnim iskustvom potrebnim za uspeh u ubrzano rastućoj industriji električnih vozila (EV). Ovaj nastavni plan i program integriše najsavremenije tehnologije proširene stvarnosti (AR) sa sveobuhvatnim sadržajem vezanim za električna vozila – koji pokriva sisteme baterija, pogonske tehnologije, konvertore, infrastrukturu punjenja i bezbednosne protokole. Kombinovanjem teorije, studija slučaja, interaktivnih simulacija i zanimljivih vizuelnih materijala, program poboljšava angažovanje učenika, produbljuje razumevanje i poboljšava pamćenje stečenih znanja. Program nastoji da pripremi učenike za karijere budućnosti u automobilskom sektoru premošćavanjem jaza između trenutne stručne obuke i zahteva sledeće generacije tehnologija motornih vozila.





POGLAVLJE-1

ELEKTRIČNA VOZILA NA BATERIJE



1-ELEKTRIČNA VOZILA NA BATERIJE

Generalni koncept električnog vozila na baterije (BEV) je ilustrovan na slici 1. Kao što je prikazano na slici 1, pogonski sklop se sastoji od tri različita podsistema: **podsistema električnog pogona, podsistema izvora energije i pomoćnog podsistema.**

Podsistem električnog pogona obuhvata električni vučni motor, pretvarač snage, elektronsku kontrolnu jedinicu, sistem za upravljanje temperaturom i mehanički menjač.

Ø **Elektromotor** crpi energiju iz vučne baterije; ovaj motor pokreće točkove vozila. U poslednje vreme, baterijska električna vozila koriste motor-generatore koji obavljaju i funkciju pogona i regeneracije.

Ø **Kontroler energetske elektronike** upravlja protokom električne struje koju isporučuje vučna baterija, kontrolišući brzinu električnog vučnog motora i obrtni moment koji proizvodi.

Ø **Sistem za upravljanje temperaturom (hlađenje):** Ovaj sistem održava odgovarajući opseg radne temperature motora, elektromotora, energetske elektronike i drugih komponenti.

Ø **Mehanički menjač (električni):** Menjač prenosi mehaničku snagu sa električnog vučnog motora na pogon točkova.

Podsistem izvora energije obuhvata jedinicu za upravljanje baterijom i energijom i jedinicu za dopunu energije.

Ø **Vučna baterija** skladišti električnu energiju za upotrebu od strane električnog vučnog motora.

Ø **Baterija (za pomoćnu upotrebu)** obezbeđuje električnu energiju za napajanje dodatne opreme vozila.

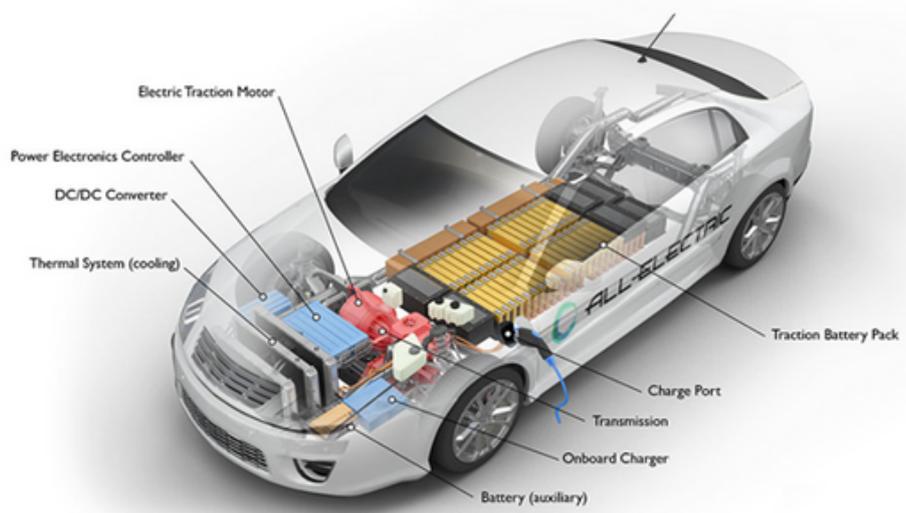
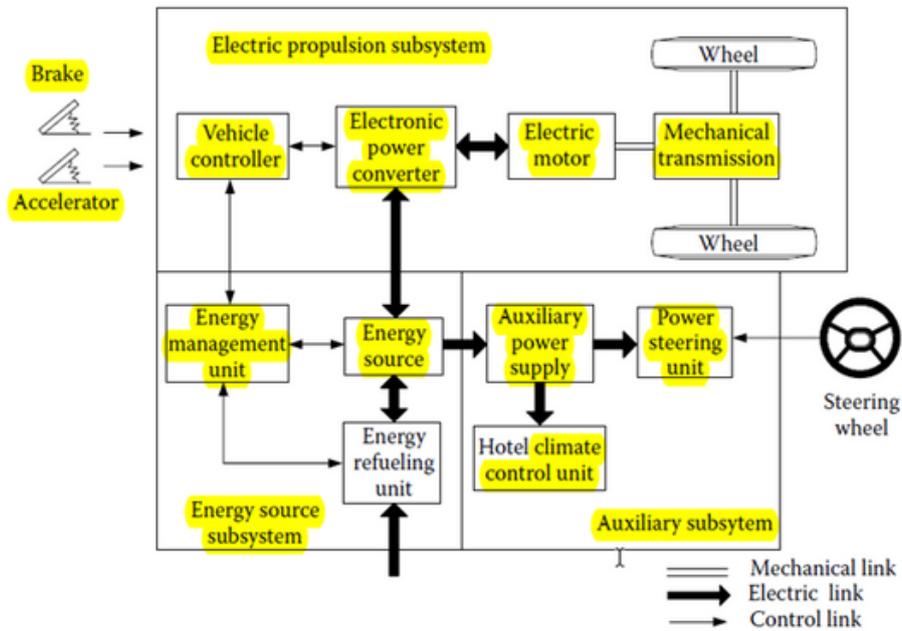
Ø **DC/DC konvertor** pretvara jednosmernu struju višeg napona iz paketa vučne baterije u jednosmernu struju nižeg napona potrebnu za rad dodatne opreme vozila i punjenje pomoćne baterije.

Ø **Port za punjenje** omogućava vozilu da se poveže sa spoljnim izvorom napajanja kako bi se paket vučne baterije napunio.

Ugrađeni punjač prima dolaznu naizmeničnu struju koja se dovodi preko porta za punjenje i pretvara je u jednosmernu struju za punjenje vučne baterije. Takođe komunicira sa opremom za punjenje i prati karakteristike baterije kao što su napon, struja, temperatura i stanje napunjenosti tokom punjenja paketa.



Pomoćni podsistem se sastoji od servo upravljača, jedinice za kontrolu klime i pomoćne jedinice za napajanje..



Slika 1. Konceptualna ilustracija generalne konfiguracije BEV



Slika 2 takođe prikazuje različite tipove komponenti sistema električnog pogona na baterije. Sistem električnog pogona na baterije uključuje visokonaponski DC/DC konvertor (1), kontrolnu jedinicu vozila (2), invertorski eAxle sistem (motor i menjač, elektronika napajanja) (4), odvojeni motor-generator (5), bateriju od 400 V (6), punjač (7), menjač (8), bateriju od 12 V (9).

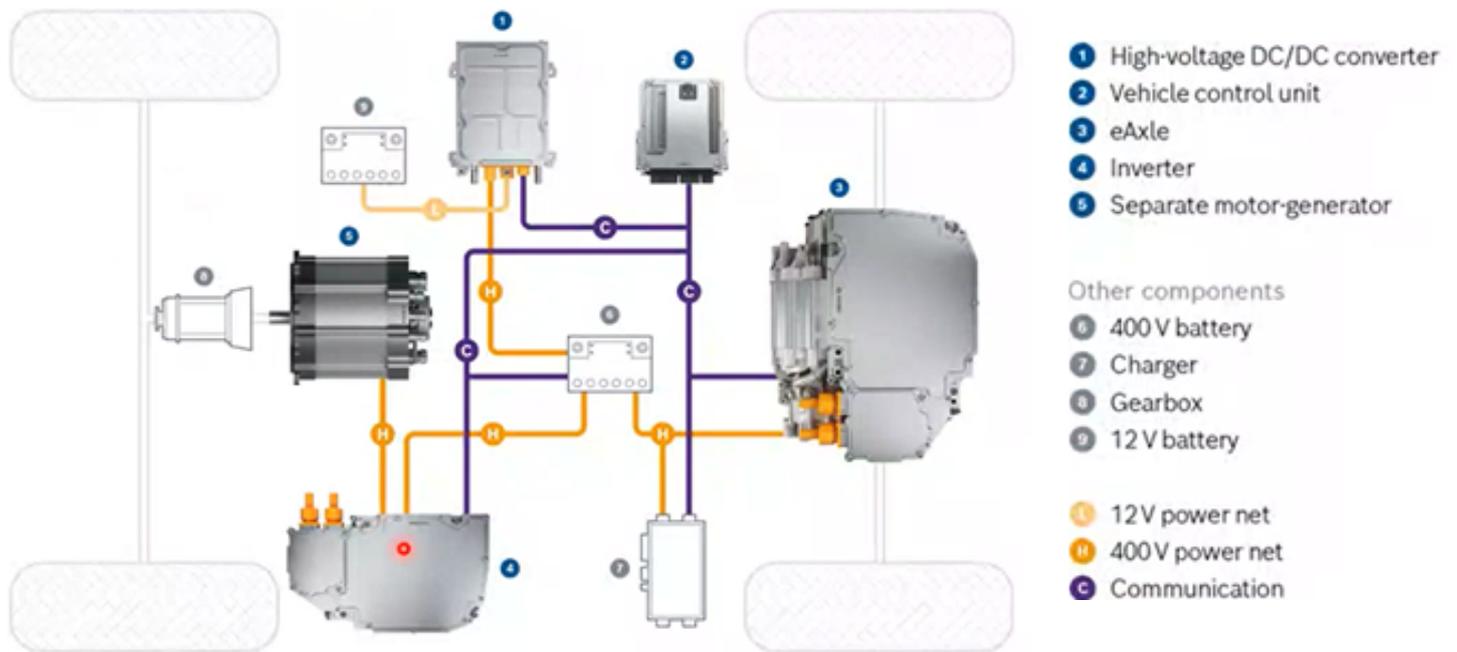
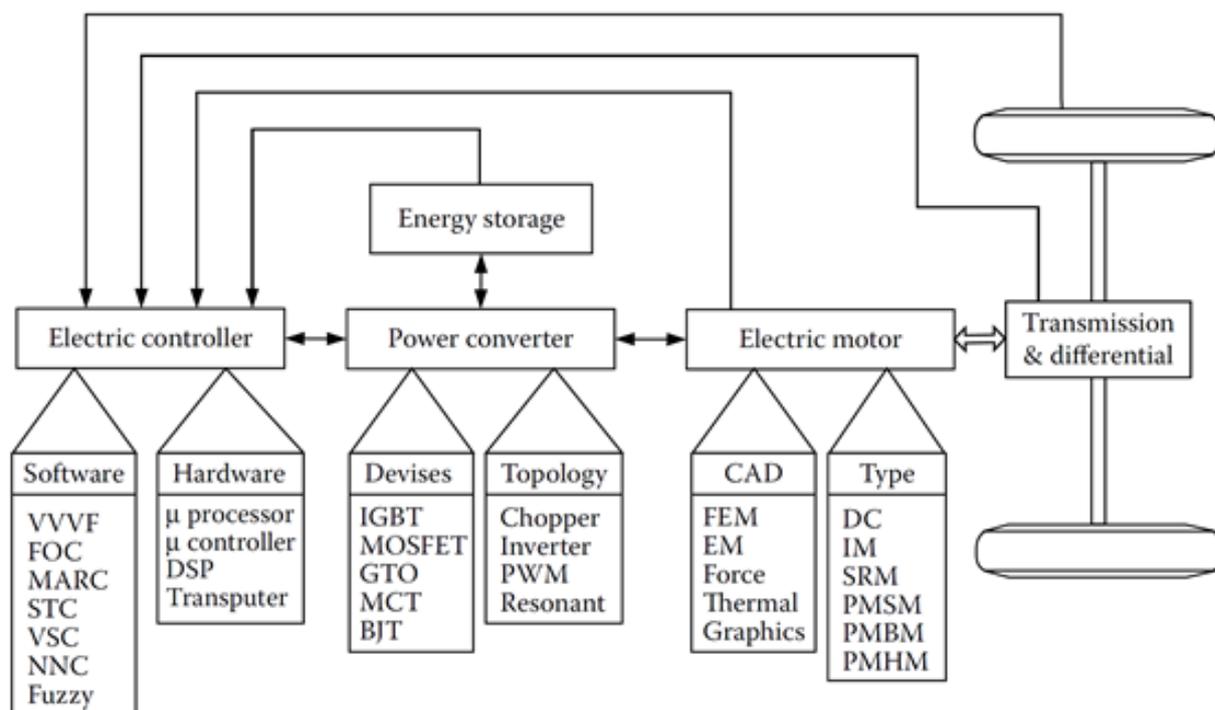


Figure 2. BEV pogonski sistemi



1.1 - PODSISTEM ELEKTRIČNOG POGONA

Električni pogonski sistemi su u srži električnih vozila (BEV). Sastoje se od elektromotora, pretvarača snage i elektronskih kontrolera, kao što je prikazano na slici 3. Elektromotor ima dva glavna moda rada. Prvo, pretvara električnu energiju u mehaničku energiju za pogon vozila, a drugo, koristi se za omogućavanje regenerativnog kočenja i/ili za generisanje električne energije. Pretvarač snage je mozak električnih vozila i prenosi odgovarajući dvosmerni napon i struju između elektromotora i ugrađenog skladišta energije. Kontrolna jedinica vozila prima naredbe od vozača korišćenjem pedale gasa i pedale kočnice, a zatim šalje kontrolne signale pretvaraču snage koji kontroliše rad elektromotora kako bi proizveo odgovarajući obrtni moment i brzinu.

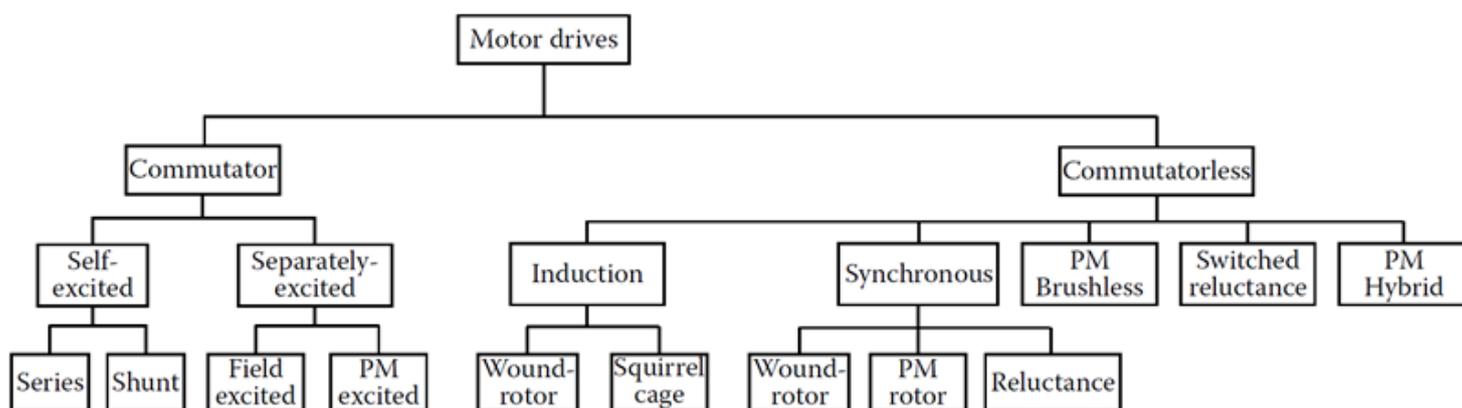


Slika 3. Funkcionalni blok dijagram tipičnog električnog pogonskog sistema.



1.1.1 - UVOD U ELEKTRIČNE MOTORE

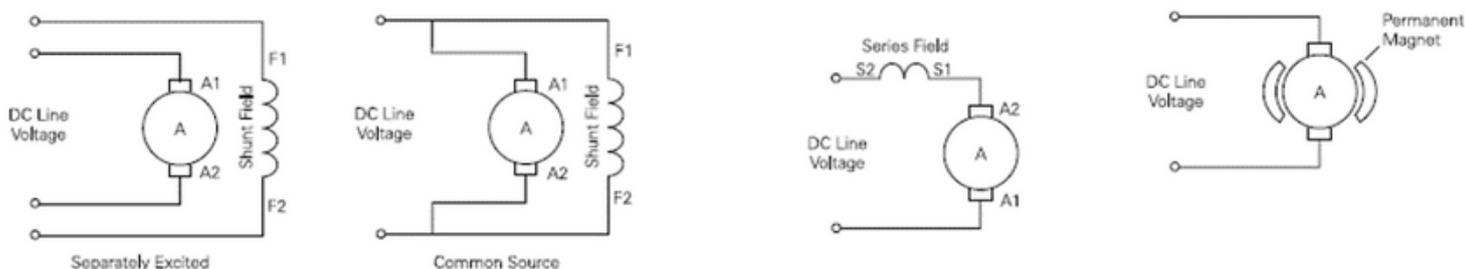
Motore koji se koriste u EV i HEV obično zahtevaju česta startovanja i zaustavljanja; velike brzine ubrzanja/usporavanja; visok obrtni moment i malu brzinu pri penjanju uzbrdo; nizak obrtni moment i veliku brzinu pri krstarenju, kao i veoma širok opseg brzina rada. Pogonski motori za električna vozila mogu se klasifikovati u dve glavne grupe, kolektorske motore i bezkolektorske motore, kao što je prikazano na slici 4.



Slika 4. Elektromotorni pogoni za primenu u električnim vozilima

1.1.1.1 - DC MOTORI

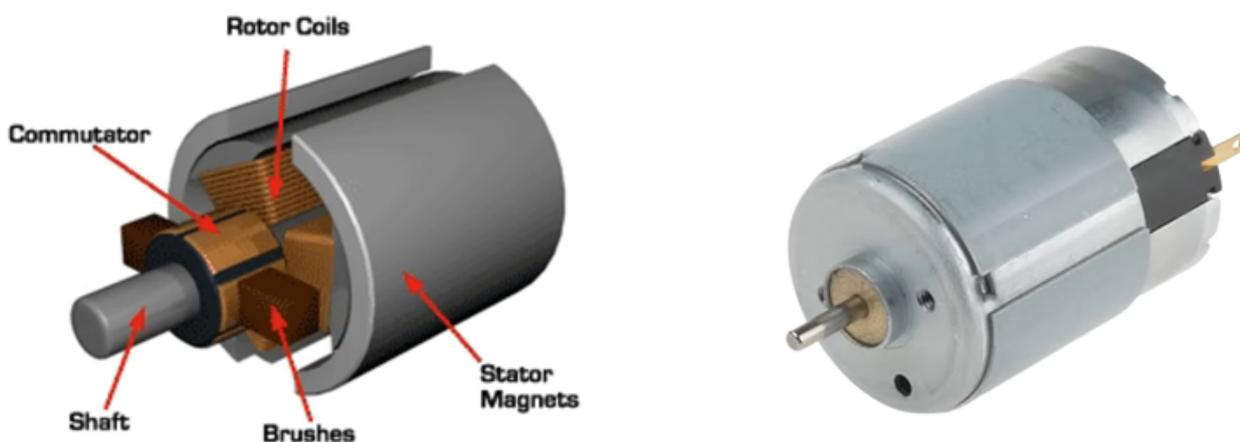
Jednosmerni motori su poznati kao kolektorski motori. Postoje različite vrste jednosmernih motora koji se koriste u električnim pogonskim sistemima, kao što su serijski pobuđeni, paralelno pobuđeni, složeno pobuđeni, odvojeno pobuđeni i motori pobuđeni stalnim magnetima (PM), kao što je prikazano na slici 5.



Slika 5. Tipovi DC motora

Jednosmernim motorima su potrebni komutatori i četkice za dovod struje u armaturu, kao što je prikazano na slici 6, što ih čini manje pouzdanim i nepogodnim za rad bez održavanja i za velike brzine. Pored toga, jednosmerni motori sa pobudnim namotajem imaju nisku specifičnu gustinu snage i pad efikasnosti zbog stvaranja toplote u četkicama. Zbog ovih nedostataka, jednosmerni motori se ne mogu koristiti u električnim vozilima.

Druga vrsta jednosmernog motora je BLDC motor bez četkica, sa permanentnim magnetom, kao što je prikazano na slici 7. U poređenju sa jednosmernim motorom sa četkicama, BLDC motor je pouzdaniji i pogodniji za rad bez održavanja. Pored toga, ima visok početni obrtni moment, visoku efikasnost, a takođe i visoku gustinu snage za električna vozila male snage (60 kW). S druge strane, ova vrsta jednosmernog motora ima kratak konstantni opseg snage, njegov obrtni moment se smanjuje sa povećanjem brzine i imaju visoku cenu zbog permanentnog magnetu.



Slika 6. DC motor sa četkicama

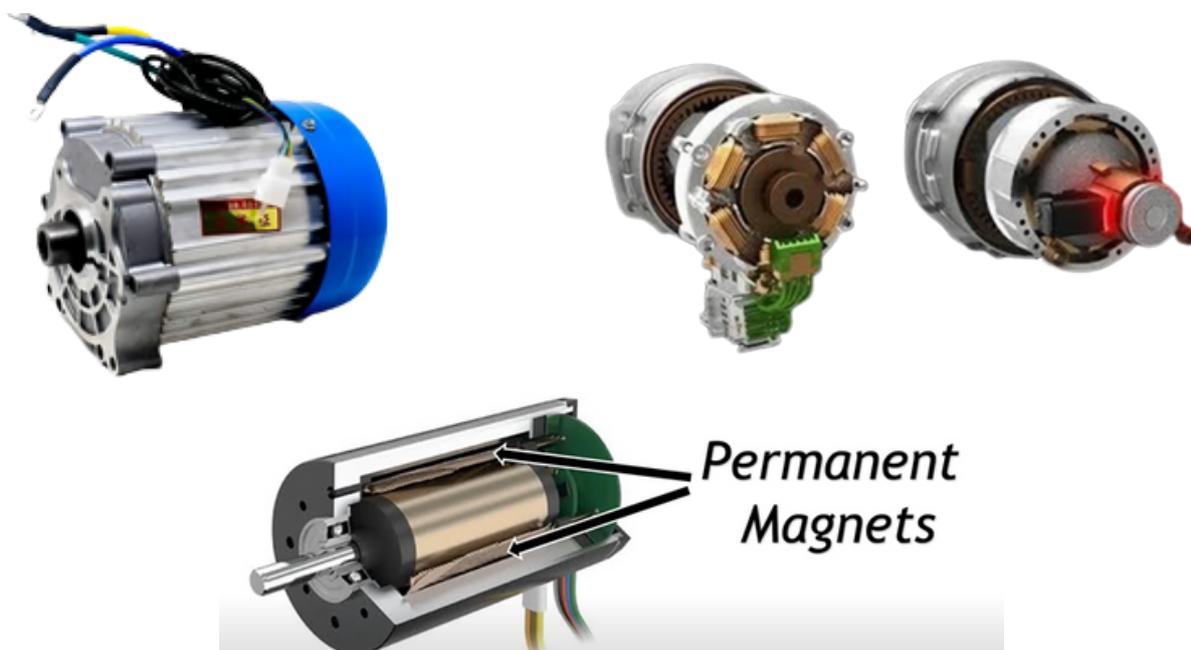


Figure 7. DC motor bez četkica (BLDC)

1.1.2 -INDUKCIONI MOTORI

Indukcioni motori su poznati kao tip motora bez kolektora za pogon električnih vozila, kao što je prikazano na slici 8. To je zbog njihove niske cene, visoke pouzdanosti i rada bez održavanja. Međutim, konvencionalno upravljanje indukcionim motorima, kao što je promenljivi napon i promenljiva frekvencija, ne može da obezbedi željene performanse. Ima složeno invertorsko kolo, pa je upravljanje indukcionim motorom teško. Stoga se ovaj tip motora može koristiti za postizanje visoke gustine snage korišćenjem vektorskih i poljski orijentisanih topologija upravljanja.



Induction Motor (IM)

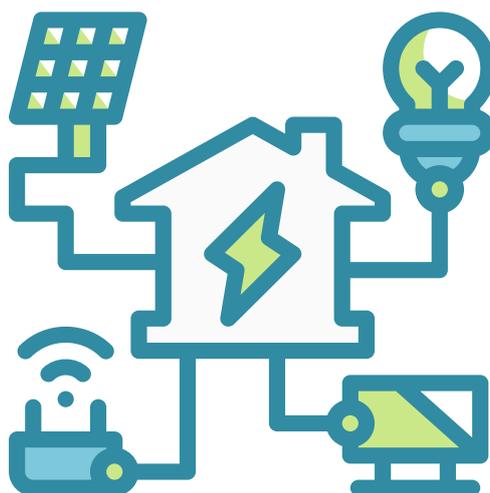


Vector Control



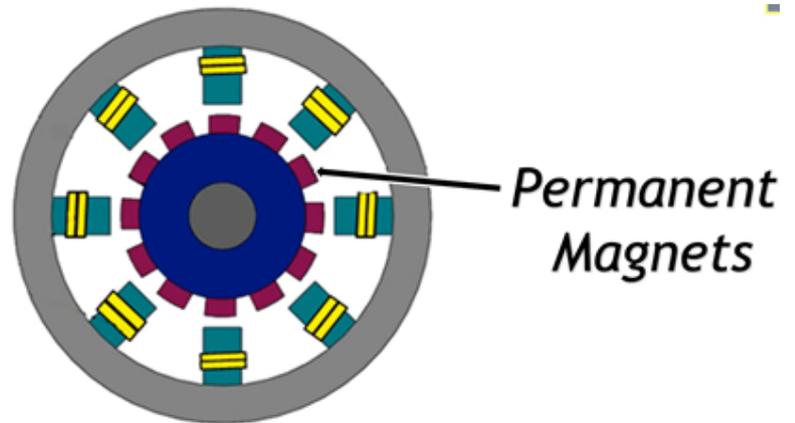
Field Oriented Control

Slika 8. Indukcioni motor i upravljačke topologije

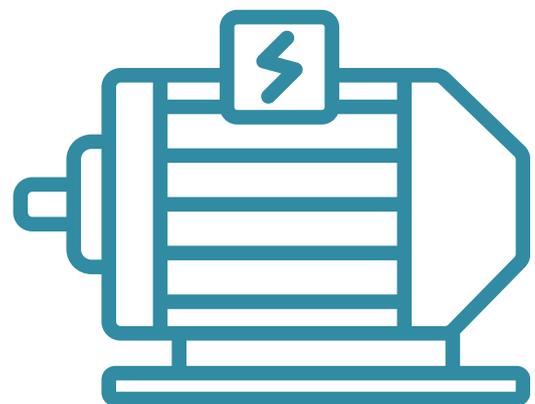
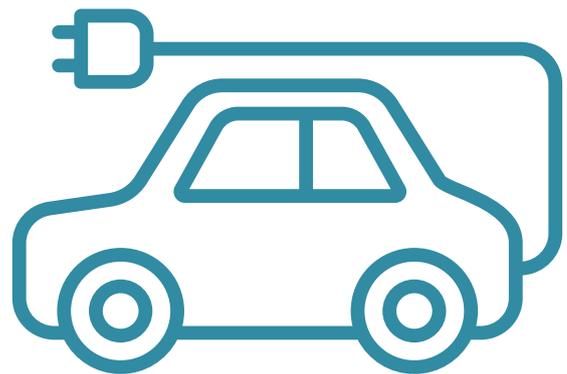
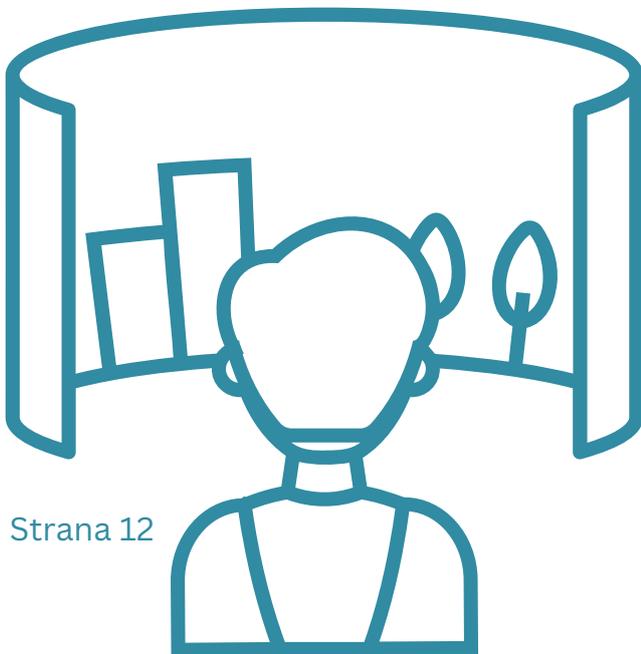


1.1.3 -SINHRONI MOTORI

Sinhroni motori sa permanentnim magnetima (PM) mogu eliminisati gubitke konvencionalnih četkica, kliznih prstenova i bakra u polju, a nazivaju se i PM AC motori bez četkica. Mogu se upravljati korišćenjem impulsne modulacije talasnog oblika (PVM napajanje) bez elektronske komutacije. Daju visok obrtni moment pri malim brzinama i mogu raditi u različitim opsezima brzina bez menjača. Široko se koriste u električnim vozilima zbog svoje velike gustine snage i visoke efikasnosti. Može se samo reći da su im nedostaci to što su skuplji u poređenju sa drugim tipovima motora kao i ogromni gubici u gvožđu.



Permanent Magnet Synchronous Motor (PMSM)



1.2 OBUKA O FIZIČKOM UPRAVLJANJU, ODRŽAVANJU I POPRAVKAMA ELEKTROMOTORA I PRIKLJUČCIMA

Sinhroni motori sa permanentnim magnetima (PM) mogu eliminisati gubitke konvencionalnih četkica, kliznih prstenova i bakra u polju, a nazivaju se i PM AC motori bez četkica. Mogu se upravljati korišćenjem impulsne modulacije talasnog oblika (PVM napajanje) bez elektronske komutacije. Daju visok obrtni moment pri malim brzinama i mogu raditi u različitim opsezima brzina bez menjača. Široko se koriste u električnim vozilima zbog svoje velike gustine snage i visoke efikasnosti. Može se samo reći da su im nedostaci to što su skuplji u poređenju sa drugim tipovima motora kao i ogromni gubici u gvožđu.

1.2.1 - FIZIČKO UPRAVLJANJE

Kontrola termičkog oštećenja: Potamnivanje tela kada se utičnice uklone, kontrola formiranja luka, topljenje u utičnici, topljenje visokonaponskih kablova (HVC)

1.2.2 - VIZUELNA KONTROLA

Curenje rashladne tečnosti i ulja u elektromotoru varira u zavisnosti od tipa motora. Kod PMSM-a može se primetiti samo curenje rashladne tečnosti. Kontrola loma se vrši u slučaju loma motora.

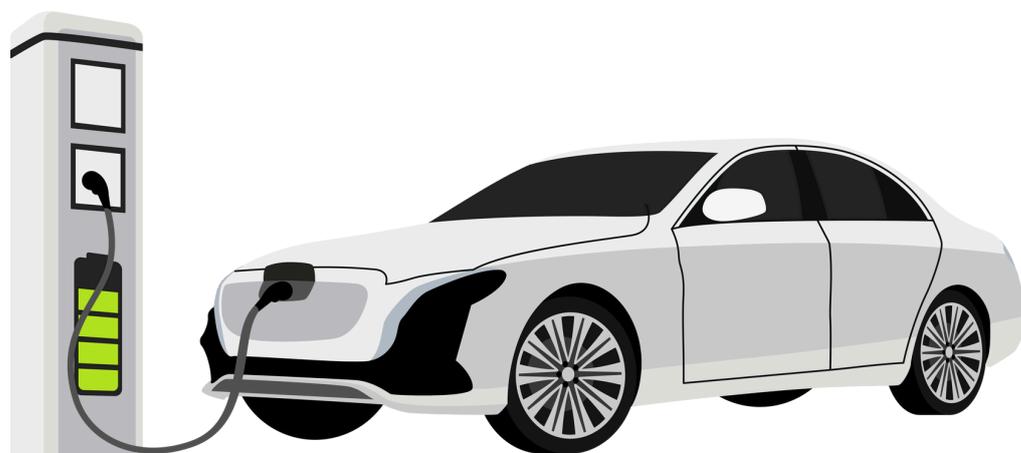
1.2.3 - ELEKTRIČNA KONTROLA

Merenje izolacije:

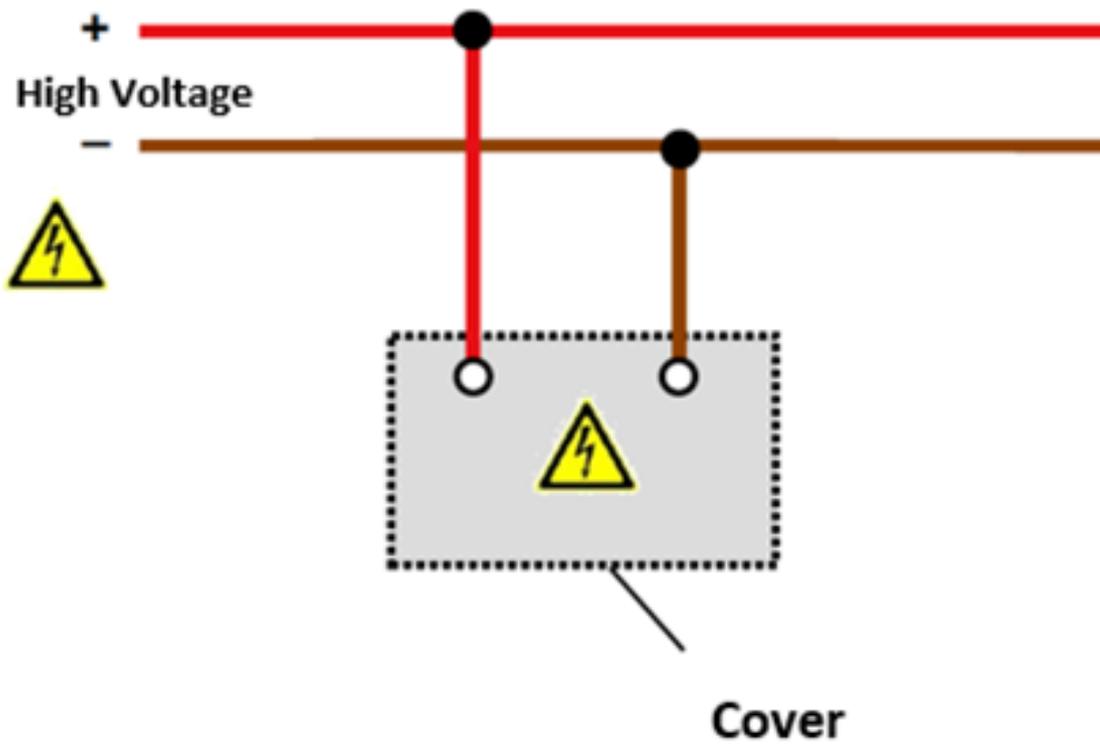
Za izolaciju HV + kabla u odnosu na telo, meri se otpor između HV + i tela.

Za izolaciju HV - kabla u odnosu na telo, meri se otpor između HV - i tela.

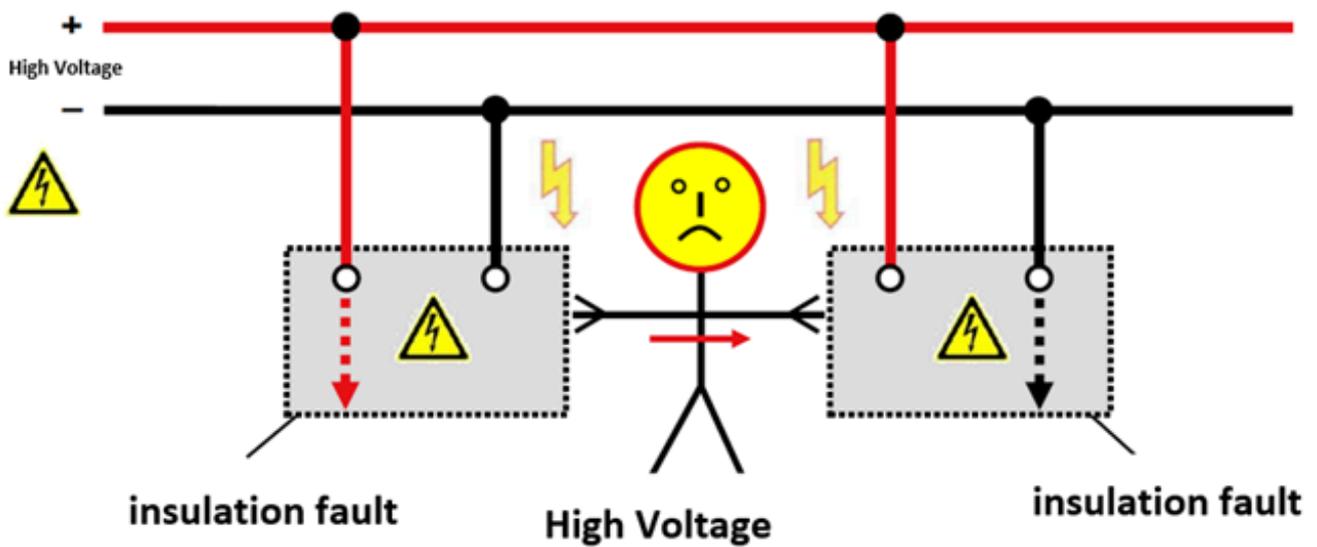
ECE R 100 se koristi za proveru da li merenja ispunjavaju standarde. Prema ovom standardu, 500 ohm/V ne bi trebalo da bude ispod ove vrednosti.



IT NETWORK in HV SYSTEM

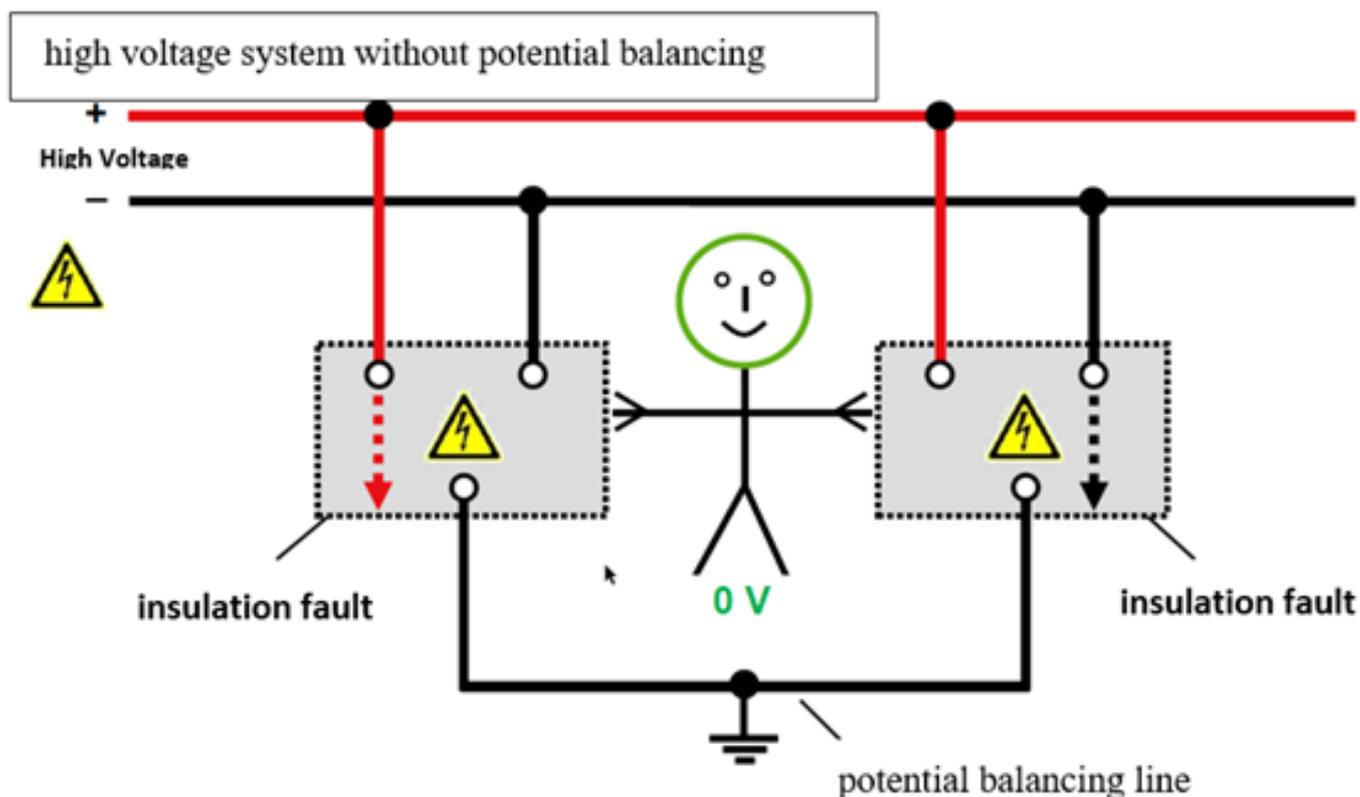


high voltage system without potential balancing



Merenje potencijalnog balansiranja;

Sve komponente koje rade sa visokim naponom imaju uzemljenje. Otpor između ove tačke povezivanja i karoserije ne sme biti veći od 200 milioma prema standardu za ECE R 100.



1.2.4 - OBUKA ZA IDENTIFIKOVANJE I REŠAVANJE KODOVA GREŠAKA U UPRAVLJAČKIM SISTEMIMA ELEKTRIČNIH MOTORA / GENERATORA

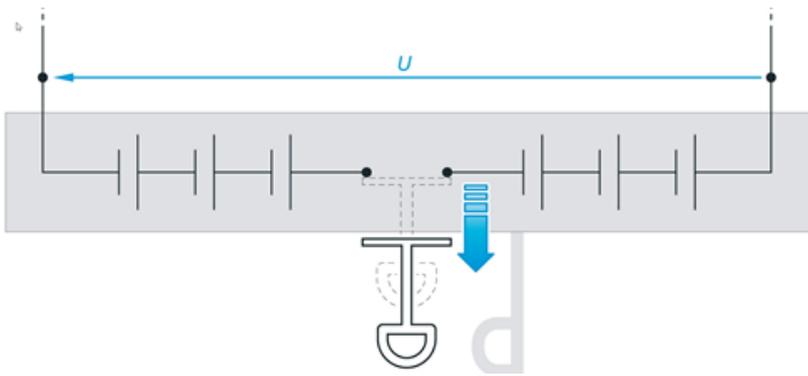
Električne greške; Greška izolacije, Greške senzora rotora, Greške senzora temperature, Greške IGBT tranzistora, Greške invertora/konvertora.

Fizički kvarovi; Električni luk, Oštećenje prekidača za kontrolu visoke temperature, Fizičko oštećenje kućišta

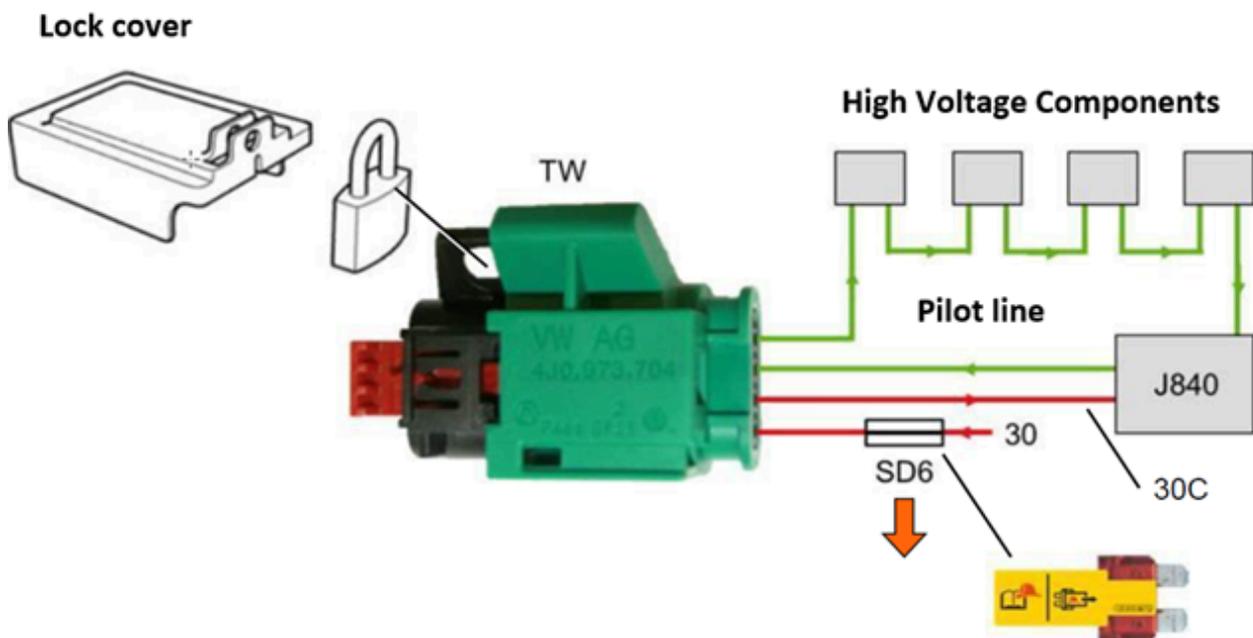
1.2.5 - OBUKA ZA BEZBEDNU DEAKTIVACIJU I AKTIVACIJU NA VISOKIM NAPONIMA

Fizičko isključivanje; Serijska tačka povezivanja između baterijskih modula kontroliše se mehaničkim prekidačem. Ako se ovaj mehanički prekidač fizički ukloni, visokonaponska linija će biti prekinuta. Nakon što se prekidač ukloni iz sistema, izlazni napon baterije se meri 5 minuta kasnije kako bi se proverilo da li su kondenzatori ispražnjeni.





Logičko zatvaranje; Prekidanjem signalne linije (blokirajuće petlje) ili linije za napajanje kontaktora, kontaktori se otvaraju i time se visoki napon ponovo isključuje. U hitnim slučajevima, ova linija se može direktno prekinuti radi bezbednosti.



1.2.6 - VREDNOSTI STRUJE I NAPONA POD NAPAJANJEM SE NADGLEDAJU I KONTROLIŠU OD STRANE PROFESIONALACA.



1.2.7 - KONTROLA BATERIJSKOG SISTEMA I KOMPONENATA

Obuka za fizičku kontrolu baterijskog paketa (baterija i sve podjedinice na bateriji)

Vizuelni pregled pre vađenja baterije; Provera topljenja, tamnjenja i fizičke deformacije na kućištu.

Vizuelni pregled nakon vađenja baterije; Provera tečnosti, provera curenja litijuma (ostavlja belu mrlju unutar modula), provera priključnih utičnica (proveravaju se kablovi visokog i niskog napona), provera dima i mirisa, provera boje na ventilacionim ventilima.

Obuka za baterijsku jedinicu, sistem za upravljanje baterijom i kontrolu komunikacije

Vrednosti napona svih ćelija u bateriji se očitavaju i dijagnostički prate. Mogući poremećaj ćelija će poremetiti ravnotežu napona između ćelija. To će uzrokovati smanjenje performansi i dometa. Nakon što dijagnostički uređaj detektuje oštećenu ćeliju, relevantni modul se zamenjuje.

Obuka za visokonaponsku bateriju: Procena stanja, bezbedno skladištenje i rukovanje neispravnim/oštećenim jedinicama

Proveriti da li ima dima, opekotina, stvaranja toplote, pukotina u kućištu, fizičke deformacije, korozije, labavih veza, serijskog broja i bezbednosne etikete.

1.2.8 - ODRŽAVANJE I POPRAVKA SISTEMA ZA HLAĐENJE I GREJANJE ELEKTRIČNOG POGONA

Kontrola se sastoji od 3 dela. Sprovodi se u formi kontrole pritiska. Test kontrole pritiska se sprovodi pri vrednostima pritiska u skladu sa uputstvima proizvođača.

Ø Kolo baterije

Ø Kolo elektromotora

Ø Opšte kolo za hlađenje

Provera uvek treba da počne od kola baterije. U suprotnom, ako dođe do curenja tečnosti u bateriji kada se pritisak primeni na druga kola, sva rashladna tečnost će se izliti u bateriju.

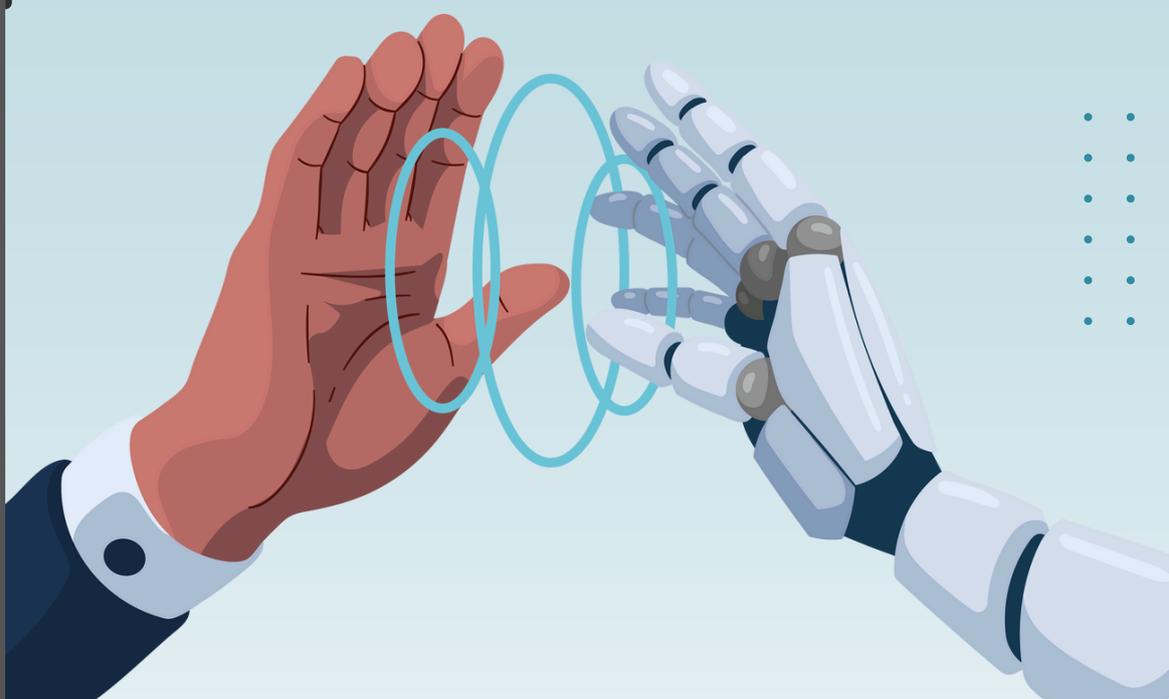
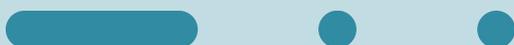
Zatim se vrši kontrola pritiska u kolu elektromotora. Ako dođe do curenja tečnosti u elektromotoru kada se pritisak primeni, sva rashladna tečnost će se razliti u elektromotor.

Opšte ispitivanje pritiska se primenjuje na opšte kolo za hlađenje. Ovim se testira oprema sistema za hlađenje i curenja na tačkama priključivanja.

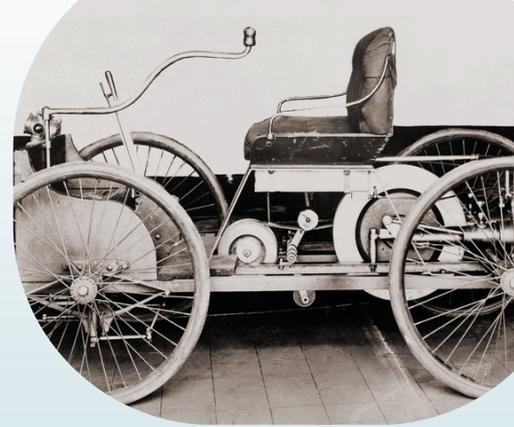


POGLAVLJE-2

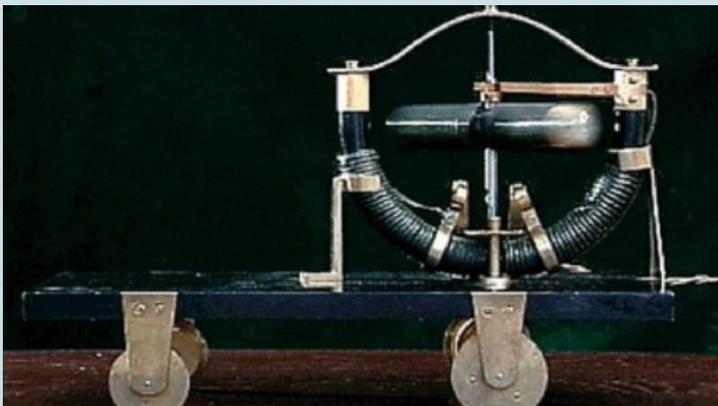
SISTEMI ZA PUNJENJE I INFRASTRUKTURA



Istorijat električnih vozila



Električna vozila imaju dugu i bogatu istoriju. Interesovanje za njih je u velikoj meri variralo tokom godina zbog ekoloških problema i dostupnih energetske resursa.



Sl. 1. Model električnog vozila Á. Jedlik 1828 [2]

Istorija električnih automobila je čvrsto povezana sa istorijom električnih mašina. Godine 1827, mađarski benediktinski monah Anjoš Jedlik je napravio prvu rudimentarnu, ali funkcionalnu električnu mašinu jednosmerne struje. U roku od samo godinu dana, iskoristio je za pokretanje jednostavnog malog modela automobila.

Još jedno malo električno vozilo napajano električnim ćelijama napravio je 1835. godine Sibrandus Strating, profesor hemije i tehnologije na Univerzitetu u Groningenu (Holandija). Težilo je oko 3 kg i moglo se kretati 20 minuta sa teretom od 1,5 kg sa potpuno napunjenim ćelijama.



Sl. 2. Malo električno vozilo S. Stratingh 1835.

Škot Robert Anderson je pronalazač prve kočije na električni pogon u punoj veličini. Njegov prototip je izgrađen negde između 1832. i 1839. godine u Aberdinu. Koristio je primarne ćelije (nepunjive baterije) za proizvodnju električne energije i imao je maksimalnu brzinu od 12 km/h.



Sl. 3. Prvi električni auto R. Anderson

Prvi uspešni komercijalno dostupni električni automobili nazvani su Elektrobati. Njegova prva varijanta je napravljena 1894. godine zajedničkim naporima mašinskog inženjera i hemičara, Henrija G. Morisa i Pedra G. Saloma u Čikagu, koristeći njihove patentirane tehnologije. Prva varijanta je bio spor i veoma težak automobil sa čeličnim gumama. Samo punjive baterije su težile više od 725 kg od 2 tone bruto mase vozila.

Zahvaljujući kontinuiranim istraživačkim i razvojnim naporima, kasniji Elektrobati su postali lakši, brži i manje glomazni. Imali su pneumatske gume i upravljali su se pomoću dva zadnja točka. Ova vozila su pokretala dva motora sa kandžastim polovima od 1,1 kW. Zahvaljujući svojim tada najsavremenijim baterijama, mogli su da pređu 40 km prosečnom brzinom od 32 km/h sa jednim punjenjem. Zbog velikog interesovanja za ove automobile, dva partnera su proširila svoj posao izgradnjom nekoliko luksuznih varijanti zasnovanih na modelu.



Sl. 4. Elegantni model Electrobat

Ovde takođe treba pomenuti glavna dostignuća u ovoj oblasti Ferdinanda Poršea, rođenog u Austriji. Godine 1899, dok je radio u firmi Jakoba Lonera, dvadesetdvogodišnji briljantni dizajner je stvorio svoj prvi električni automobil. On je mogao da postigne brzinu od 25 km/h. Njegovi električni automobili su uključivali najsavremeniju tehnologiju za to vreme, kao što je električni motor koji je direktno pokretao točkove vozila.



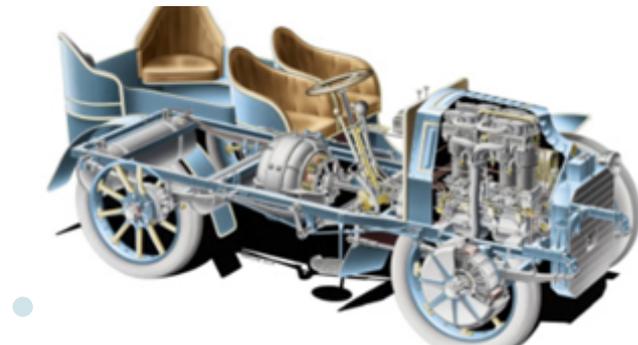
Sl. 5. A Lohner-Porsche Phaéton u tehničkom muzeju u Beču

Tri godine kasnije, predstavljen je prvi funkcionalni revolucionarni hibridni automobil na svetu sa električnim pogonom na sva četiri točka. Dobio je ime Semper Vivus, što znači „uvek živ“. Porše je povećao domet automobila ugradnjom motora sa unutrašnjim snagama (SUS) koji su pokretali električne generatore za punjenje baterije, umesto da se oslanja samo na bateriju. Originalni akumulator sa 74 ćelije zamenjen je manjim, sa 44 ćelije, radi uštede na težini i prostoru. Dva vodom hlađena SUS-a od 2,6 kW postavljena su u sredini vozila, pokrećući dva nezavisna generatora od 1,84 kW, od kojih je svaki isporučivao struju od 20 A na naponu od 90 V. Kasnije je objavljena njegova verzija spremna za proizvodnju pod nazivom Lohner-Porsche Mixte. Njegova maksimalna brzina bila je 80 km/h.

a) oldtimer varijanta

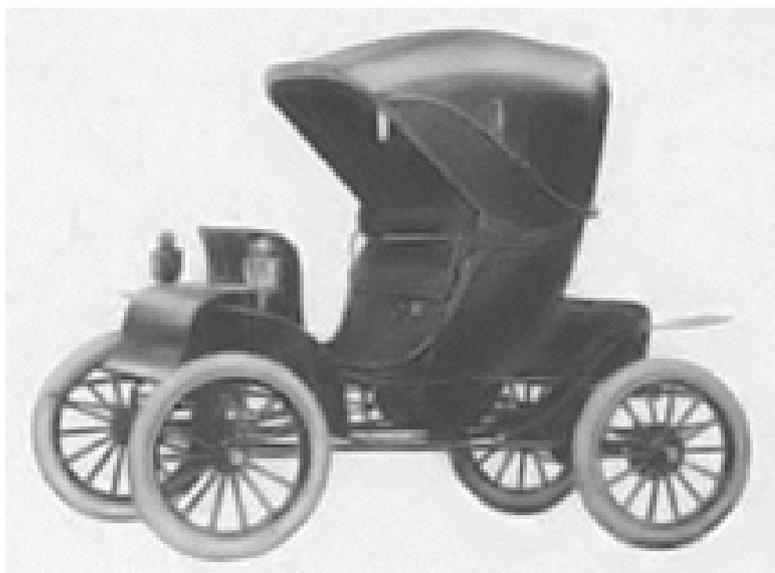


b) tehnički detalji



Sl. 6. Lohner-Porsche Mixte, prvi komercijalno dostupan hibridni automobil

Kasnije je **Ferdinand Porše** dizajnirao i kultnu Folksvagen Bubu, koja će se uskoro vratiti kao električno vozilo. Važna prekretnica u razvoju električnih mašina bio je takozvani **100 milja električni automobil** (domet).



Sl. 7. Fritchle's Victoria, takozvani 100 milja električni automobil

Ovaj električni automobil dvosed težio je 1000 kg, od čega je više od 350 kg bilo u baterijama. Napravio ga je u Denveru 1908. godine **Oliver Parker Fritčl**, jedan od ranih ključnih pionira u oblasti električnih vozila. Dao je značajan doprinos proizvodnji baterija i automobila. Njegovo ime je povezano i sa otkrićem regenerativnog kočenja. Svoj razvoj je usmerio na izdržljivost novodizajniranih električnih automobila. U septembru 1908. godine predložio je smeo izazov: da pređe put od 2.900 km između Linkolna i Njujorka u električnom automobilu. Putovanje je završio za 20 dana, prelazeći u proseku skoro 160 km dnevno.

ANALIZA ELEKTRIČNIH KONEKCIJA I NIVOVA NAPONA

Električni automobil, takođe poznat kao električno vozilo (EV) ili baterijsko električno vozilo (BEV), ima elektromotor umesto motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Za razliku od tradicionalnih vozila koja koriste motor sa unutrašnjim sagorevanjem, električni automobili koriste elektromotor koji se napaja električnom energijom iz baterija.

Postoji nekoliko različitih vrsta električnih automobila, uključujući:

- Potpuno električni: Potpuno električni automobili se napajaju isključivo baterijom i ne koriste benzin.
- Hibridni električni: Hibridni automobili se napajaju i električnom energijom i benzinom.





Električni automobili rade tako što crpu električnu energiju iz izvora napajanja i skladište je u bateriji. To se postiže priključivanjem električnog automobila na punjač, gde se baterija može potpuno napuniti. Baterija zatim pokreće motor, koji okreće točkove. Tokom vožnje, baterija obezbeđuje energiju elektromotoru, što zamenjuje potrebu za benzinskim motorom. Pošto radi na struju, vozilo ne emituje izduvne gasove i ne sadrži tipične komponente vezane za gorivo kao što su pumpa za gorivo, dovod goriva ili rezervoar za gorivo.

Većina električnih automobila koristi tehnologiju sa jednog stepenom prenosa za pokretanje točkova, tako da nema potrebe za menjačem. Pritom, neka novija električna vozila se prave sa dodatnim stepenastim prenosima, što omogućava automobilima da postignu bolje performanse i duži domet, ali zahtevaju menjač.

Električna vozila na baterije (BEV) koriste električnu energiju uskladištenu u bateriji za napajanje motora.

Najčešći tip baterije koji se koristi je litijum-jonska baterija. Litijum-jonske baterije imaju visok odnos snage i težine, što znači da baterije drže mnogo energije za svoju težinu. Ovo je neophodno za električne automobile jer manja težina znači da automobil može da pređe više sa jednim punjenjem. Pored toga, litijum-jonske baterije mogu da održe sposobnost da drže punu bateriju tokom vremena. Ovo osigurava dugotrajnost baterije. Ključno je napomenuti da svi električni automobili imaju različite opsege i brzine punjenja.

Kada se isprazne, baterije električnih automobila se pune korišćenjem električne energije iz mreže. To može biti iz kućne utičnice ili javne stanice za punjenje. Većina delova litijum-jonskih baterija se može reciklirati nakon isteka životnog veka, što ih čini dobrim izborom za borbu protiv štete po životnu sredinu.

Motor električnog automobila radi tako što jedan set magneta montira na osovinu, a drugi set na kućište koje okružuje osovinu. Periodičnim obrtanjem polariteta, motor električnog automobila koristi ove sile privlačenja i odbijanja da rotira osovinu. Ovo pretvara električnu energiju u obrtni moment i, na kraju, okreće točkove.



DIJAGRAM ELEKTRIČNOG VOZILA

Kada je u pitanju način rada električnog automobila, može biti korisno pogledati jednostavan dijagram glavnih unutrašnjih komponenti. Dijagram ispod prikazuje komponente koje pokreću električni automobil, uključujući bateriju, baterijski paket, motor i priključak za punjenje.

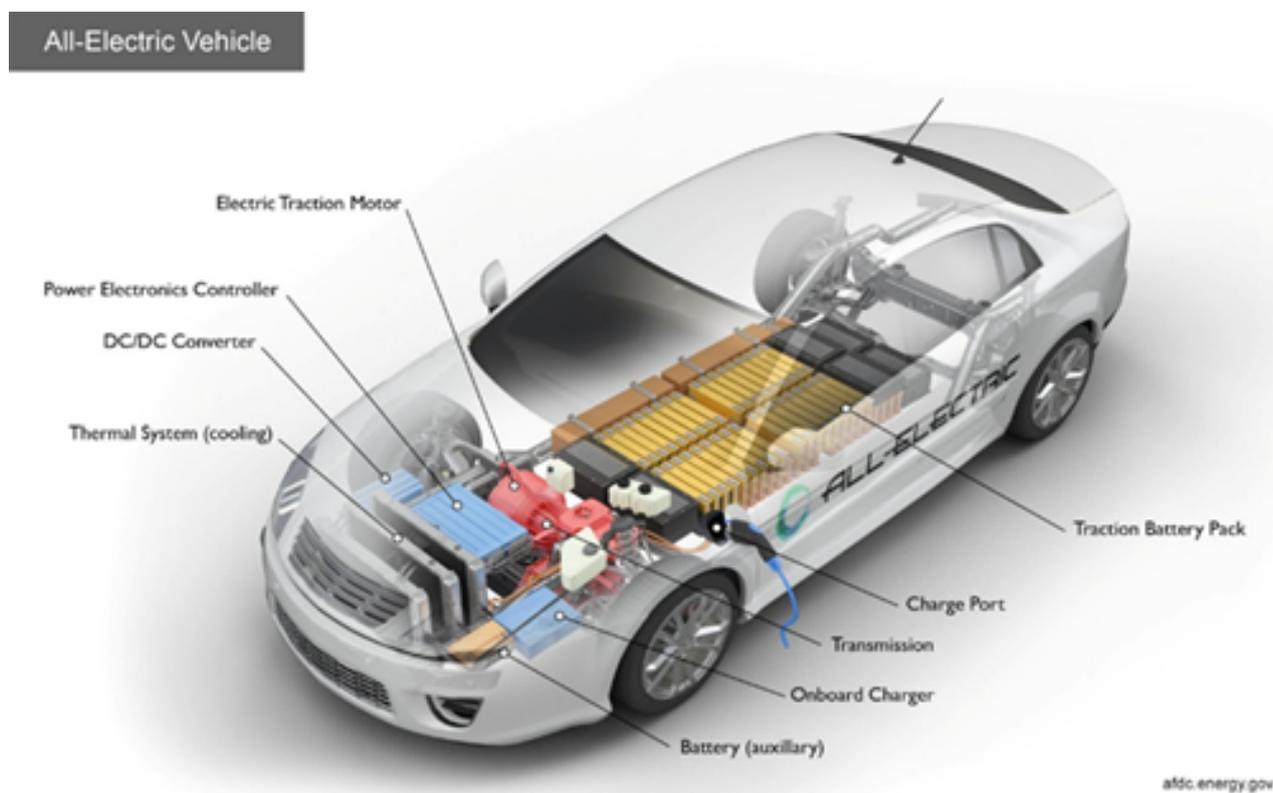


Figure 1

Ključne komponente električnog vozila uključuju:

- **Bateriju:** U električnom automobilu, baterija skladišti električnu energiju u baterijskom bloku za napajanje motora i ostale dodatne opreme vozila.
- **Priključak za punjenje:** Priključak za punjenje omogućava vozilu da se poveže sa spoljnim izvorom napajanja radi punjenja baterijskog bloka.
- **DC/DC konvertor:** Ovaj uređaj pretvara jednosmernu struju višeg napona iz vučnog baterijskog bloka u jednosmernu struju nižeg napona potrebnu za rad dodatne opreme vozila i punjenje pomoćne baterije.
- **Elektromotor:** Koristeći energiju iz baterijskog bloka, motor pretvara električnu energiju u obrtni moment i okreće točkove.
- **Ugrađeni punjač:** Ugrađeni punjač (OBC) se koristi za pretvaranje naizmjenične struje (AC) sa sporih punjača ili prenosnih punjača koji se koriste na kućnim utičnicama u jednosmernu struju (DC).

- 
- **Jedinicu za upravljanje električnom snagom:** Jedinica za upravljanje električnom snagom (EPCU) je efikasna integracija skoro svih uređaja koji kontrolišu protok električne energije u vozilu. Sastoji se od invertora, niskonaponskog DC-DC konvertora (LDC) i jedinice za upravljanje vozilom (VCU).
 - **Sistem za hlađenje:** Sistem za hlađenje održava odgovarajuću radnu temperaturu elektromotora, motora i drugih komponenti.
 - **Paket baterija za vuču:** Skladišti električnu energiju za kasniju upotrebu od strane elektromotora.
 - **Menjač:** Menjač prenosi mehaničku snagu sa elektromotora za vuču na pogon točkova, iako nemaju svi električni automobili menjač.

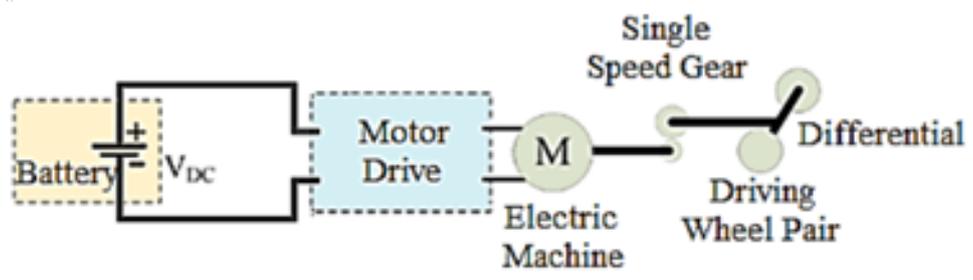
TEHNIČKA ANALIZA TEHNOLOGIJE AC/DC PUNJENJA I SISTEMI ZA BRZO PUNJENJE

Primarni tip električnih vozila može da radi isključivo na električni pogon, koristeći samo baterije kao izvor energije. Alternativno, mogu da saraduju sa ICE agentom. Međutim, mogu da koriste i alternativne izvore energije. Oni su poznati kao hibridna električna vozila (HEV). Međunarodna elektrotehnička komisija definiše HEV kao vozilo sa brojnim vrstama izvora energije, skladištenja ili konvertora, od kojih je barem jedan električna energija. Ova definicija dozvoljava mnoge kombinacije za HEV. Stoga, i stručnjaci i opšta populacija imaju specifične nazive za svaku vrstu kombinacije: vozila sa baterijom i kondenzatorom nazivaju se ultra-kondenzatorska (UC) električna vozila. Ona sa baterijom i gorivnom ćelijom nazivaju se CCEV. Na osnovu ovih razlika, električna vozila su kategorisana u četiri grupe.

ELEKTRIČNO BATERIJSKO VOZILO

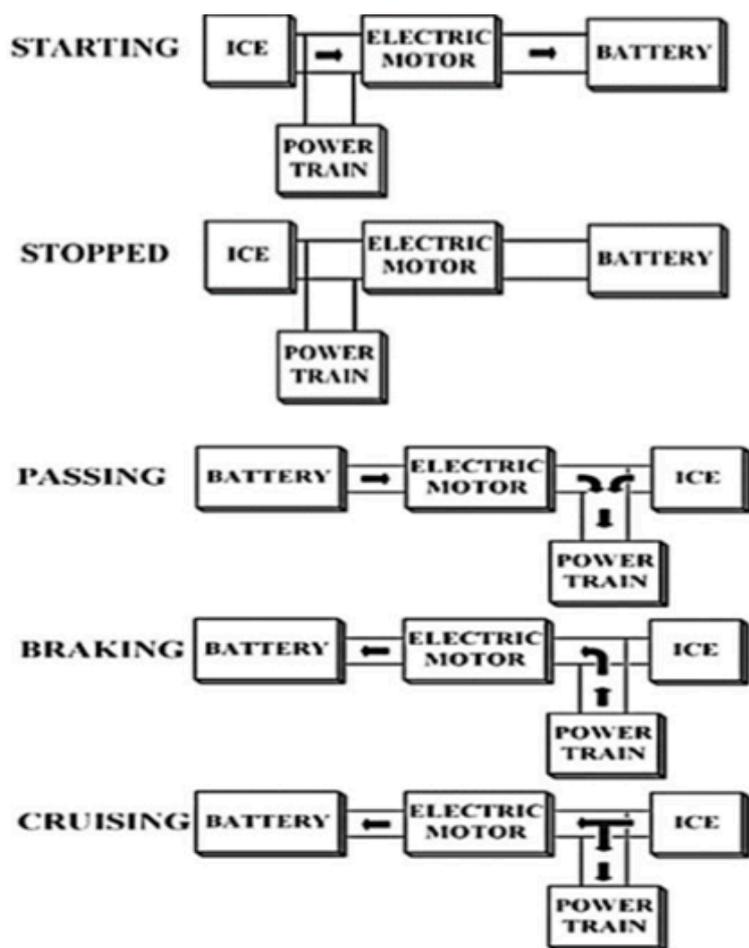
Vozila sa električnim motorom isporučuju energiju pogonskom sklopu isključivo putem baterija, oslanjajući se u potpunosti na uskladištenu energiju. Stoga, domet zavisi od kapaciteta baterije. Normalan domet po punjenju je 100-250 kilometara. U stvari, moraju se uzeti u obzir uključene različite promenljive, uključujući stil vožnje, uslove na putu, klimu, izgled vozila, tip baterije i starost vozila. Kada se energija potroši, punjenje baterije može trajati i do 36 sati, što je znatno duže nego punjenje goriva u običnom automobilu sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem. Postoje razni tipovi koji zahtevaju mnogo manje vremena, međutim, nijedan se ne može uporediti sa punjenjem goriva u vozilu.





Slika 1. Struktura BEV, inverter menja DC napajanje u AC snagu

BEV vozila nude određene prednosti: imaju jednostavnu konstrukciju, laka su za rukovanje i praktična su. Ne proizvode gasove staklene bašte, bešumna su i korisna za životnu sredinu. Električni pogon može trenutno dati visoke obrtne momente, čak i pri malim brzinama. Uzimajući u obzir ove prednosti i ograničen domet, BEV vozila su savršena za gradski prevoz. Trenutno su Nissan Leaf i Tesla Model S veoma prodavana BEV vozila, kao i neka kineska vozila poput BYD-a. Slika 2 prikazuje konfiguraciju BEV vozila: baterije napajaju električna vozila preko kola za pretvaranje snage, a motori pokreću točkove.

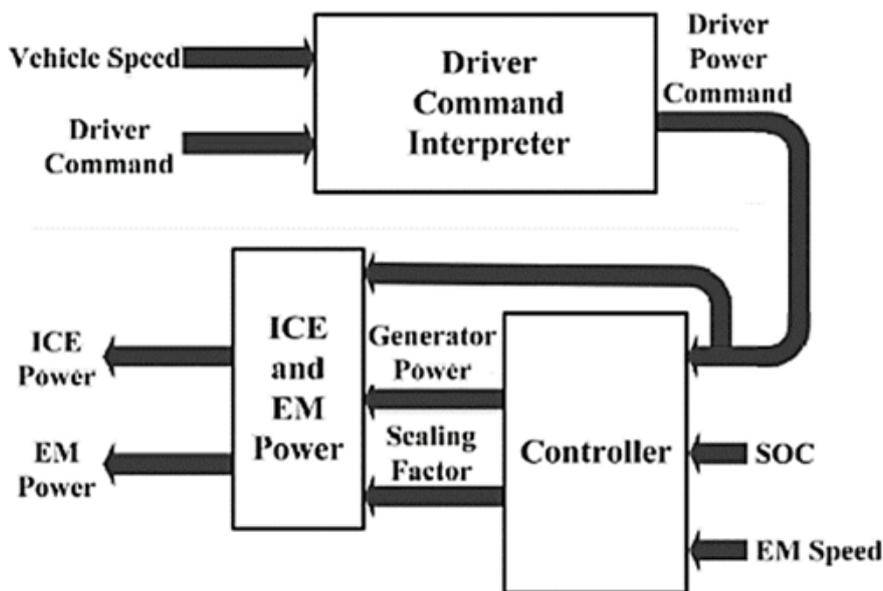


Slika 2. Protok snage kod HEV (a) tok snage prilikom polaska i zaustavljanja i (b) transfer snage prilikom ubrzavanja, kočenja i krstarenja



HIBRIDNA ELEKTRIČNA VOZILA

HEV-ovi se pokreću kombinacijom motora sa unutrašnjim sklopom (MS) i električnog pogonskog sklopa (PP). Ova kombinacija može se naći u različitim oblicima, o čemu će biti reči u nastavku. HEV-ovi koriste električni pogonski sistem u slučaju male potražnje za snagom. Ovo je velika prednost za uslove kao što je gradski prevoz, jer se smanjuje potrošnja goriva u praznom hodu (npr. tokom saobraćajne gužve) i smanjuje emisija gasova staklene bašte. Vozilo prelazi na MS ako je potrebna veća brzina. Ova dva sklopa takođe mogu pomoći u poboljšanju performansi. Automobili sa turbopunjačem, poput Acura NSX, intenzivno koriste hibridne sisteme pogona kako bi smanjili turbo kašnjenje. Ova postavka premošćuje jaz između promena brzina i poboljšava ubrzanje, što rezultira poboljšanim performansama. Baterije se mogu puniti pomoću MS-a ili regenerativne kočnice. Shodno tome, HEV-ovi su automobili sa MS-om i električnim pogonskim sistemom za poboljšanu potrošnju goriva. Proizvođači automobila su široko odobrili rasporede HEV-ova zbog ovih prednosti. Slika 11 prikazuje energetske flukseve osnovnog HEV-a. Slike 11(a) i 11(b) pokazuju da tokom pokretanja vozila, motor sa unutrašnjim sagorevanjem može koristiti motor kao generator za proizvodnju i skladištenje električne energije u bateriji. Pošto i motor sa unutrašnjim sagorevanjem i elektromotor (EM) pokreću prenosni sistem (PS) tokom preticanja, potrebno je povećati brzinu vozila. Da bi se baterija napunila regenerativnim kočenjem, PS koristi motor kao generator dok je u pokretu. Za krstarenje, PS deluje kao generator, proizvodeći električnu energiju za napajanje motora i punjenje baterija. Nakon potpunog zaustavljanja, električni sistem vozila se potpuno zaustavlja. Mehanizmi upravljanja energijom hibridnih električnih vozila (HEV) su ilustrovani na slici 12. Na osnovu unosa vozača, brzine vozila, stanja napunjenosti baterije (SOC) i potrošnje goriva, on raspoređuje snagu između motora sa unutrašnjim sagorevanjem i elektromotora.



Slika 3. HEV sistem za upravljanje energijom



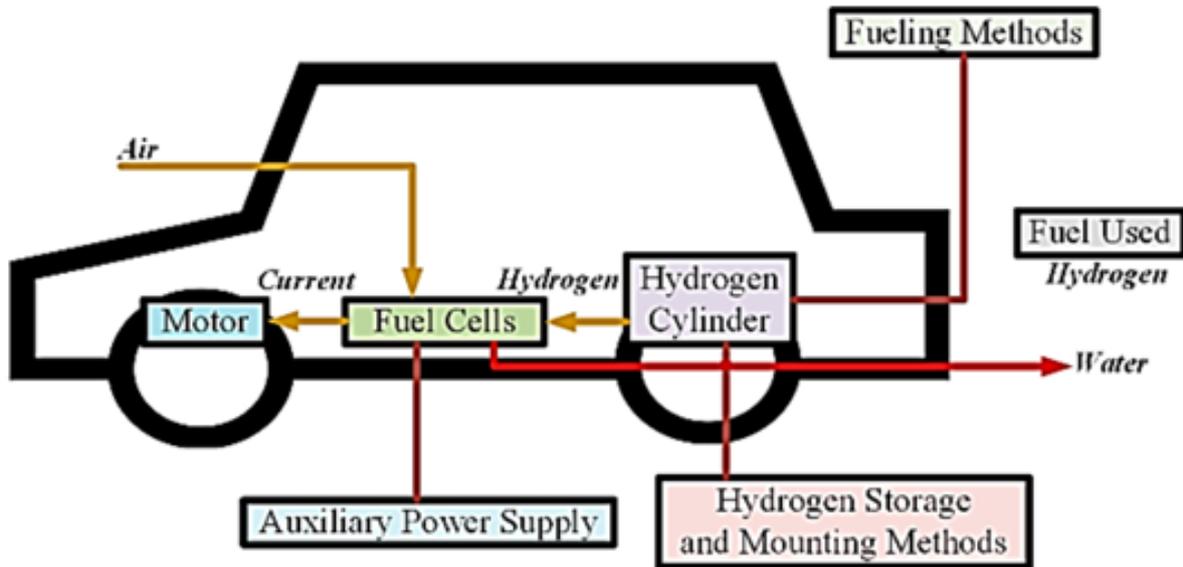
PLAG-IN HIBRIDNO-ELEKTRIČNO VOZILO

Koncept PHEV-a se pojavio kako bi se proširio domet potpuno električnog HEV-a. Ponovo se koriste motor sa unutrašnjim sagorevanjem i električni prenosni tok, ali kod PHEV-ova, elektromotor je glavni pogon, što zahteva veću bateriju. PHEV-ovi rade na struju i koriste motor sa unutrašnjim sagorevanjem samo kada su baterije prazne. Motor sa unutrašnjim sagorevanjem pojačava ili puni bateriju, produžavajući domet vozila. Za razliku od HEV-ova, PHEV-ovi se mogu puniti direktno iz mreže i imati koristi od regenerativnog kočenja. Pošto uglavnom mogu da rade na struju, PHEV-ovi imaju manji ugljenični otisak. Takođe troše manje goriva, što smanjuje troškove. Trenutno su Chevrolet Volt i Toyota Prius dva primera hibridnih vozila koja su sada dostupna na tržištu.

PLAG-IN HIBRIDNO-ELEKTRIČNO VOZILO

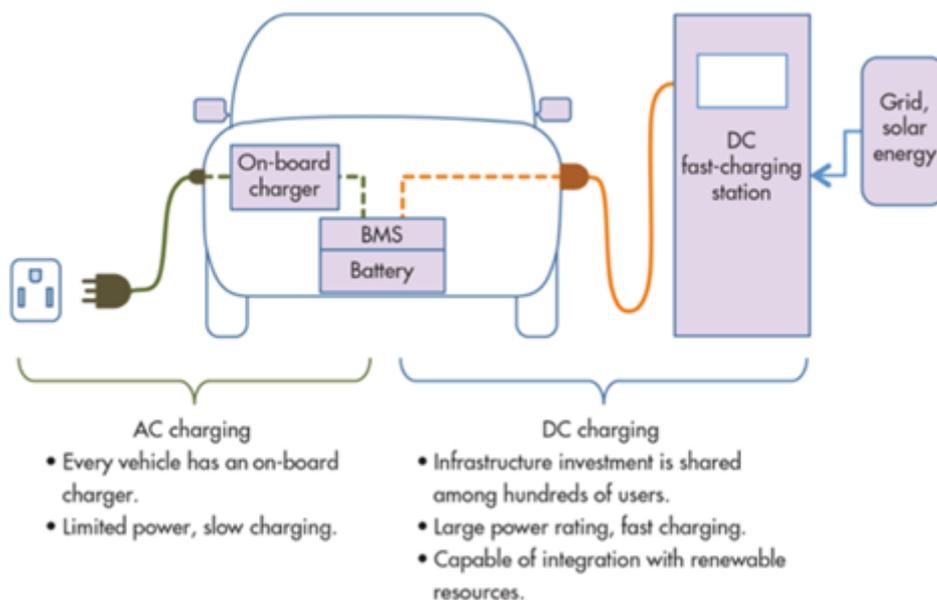
Vozila sa gorivnim ćelijama (FCEV) su električna vozila koja pokreću gorivne ćelije koje proizvode električnu energiju dobijenu putem hemijskih reakcija. FCEV se koriste kao vozila na vodonične gorivne ćelije jer je vodonik najčešće korišćeno gorivo u ovoj industriji. Vodonik se transportuje u posebnim rezervoarima pod visokim pritiskom. Kiseonik je takođe potreban za proizvodnju energije i dobija se iz okolnog vazduha. Energija koju obezbeđuju gorivne ćelije prenosi se na elektromotor, koji pokreće točkove. Dodatna energija se skladišti u bateriji ili superkondenzatoru. Baterije se koriste u nekoliko komercijalno plasiranih FCEV vozila, kao što su Toyota Mirai i Honda Klarity. FCEV vozila proizvode vodu tokom proizvodnje energije, a vozilo izbacuje ovu vodu iz izduvnih cevi. Slika 5 prikazuje konfiguraciju FCEV vozila. Ova vozila imaju prednost u proizvodnji električne energije bez emisije ugljenika u poređenju sa bilo kojom drugom vrstom električnog vozila. Osim toga, punjenje FCEV vozila ne traje duže od punjenja konvencionalnog vozila na benzinskoj pumpi. Dakle, ova vozila bi uskoro mogla biti mnogo šire prihvaćena. Međutim, nedostatak stanica za punjenje vodoničnim gorivom je ključna prepreka širokoj upotrebi ove tehnologije. Međutim, čak i pre nekoliko godina, stanice za punjenje za električna vozila sa punjačem (BEV) ili hibridna vozila sa punjačem na instalaciju nisu bile uobičajene. Još jedna briga je bezbednost u vezi sa zapaljivim vodonikom koji bi potencijalno mogao da curi iz rezervoara. Kada bi se sve ove prepreke eliminisale, FCEV bi predstavljala budućnost transporta vozilima. Jer, s obzirom na njihove prednosti, FCEV izgleda da su bolja od BEV vozila u brojnim aspektima. Slika 6 ilustruje ovo poređenje. Kao rezultat toga, slika upoređuje dva dometa (320 naspram 480 km), uzimajući u obzir različite kriterijume kao što su težina, početne emisije gasova staklene bašte i potrebna zapremina skladištenja, pored drugih parametara.

Na osnovu slike, vozila sa električnim paljevinama (BEV) su bolja samo u pogledu troškova goriva po kilometru i zahtevaju energiju vetra. Prvo je i dalje značajan nedostatak za FCEV, jer još uvek ne postoji način za proizvodnju vodonika na ekološki prihvatljiv, jeftin i održiv način. Takođe, infrastruktura za punjenje gorivom izgleda zaostaje. Ipak, svi ovi problemi bi uskoro mogli biti rešeni.



Slika 4. FCEV konfiguracija

Generalno, dostupnost stanica za punjenje, snaga punjenja i kompatibilnost konektora su važni faktori koji utiču na iskustvo punjenja za vlasnike hibridnih i električnih vozila. Kontinuirano širenje infrastrukture za javno punjenje i evolucija tehnologija punjenja doprinose sve većoj održivosti električnih vozila.



Slika 5. Šematska reprezentacija razlika ugrađenog punjača i spoljnog punjača (ili DC brze stanice za punjenje)



U kontekstu evolucije održive mobilnosti, ključno je razumeti razlike i proceniti prednosti i mane spoljnih i ugrađenih sistema punjenja za hibridna i električna vozila. Spoljne stanice za punjenje, kao što su javne stanice za punjenje, nude pogodnost velike brzine punjenja, što je idealno za putovanja na velike udaljenosti i situacije gde je potrebno brzo punjenje. Ove stanice su sve dostupnije u urbanim područjima i duž autoputeva, povećavajući dostupnost električnih vozila. Pored toga, mnoge od ovih stanica su kompatibilne sa širokim spektrom vozila, bez obzira na model ili proizvođača. Neke od njih takođe pružaju punjenje velike snage, što omogućava značajno punjenje za vrlo kratko vreme. Međutim, postoje i nedostaci koje treba uzeti u obzir, kao što su korisničke naknade povezane sa određenim javnim stanicama, koje mogu povećati ukupne troškove punjenja u poređenju sa kućnim punjenjem. Pored toga, gužva i ograničena dostupnost u nekim oblastima mogu prouzrokovati neprijatnosti vozačima. S druge strane, ugrađeno punjenje kod kuće nudi maksimalnu pogodnost i drži vozilo uvek spremnim za upotrebu, eliminišući potrebu za putovanjem do javnih stanica za punjenje. Mogućnost zakazivanja punjenja preko noći korišćenjem jeftinijih cena energije pomaže u smanjenju operativnih troškova. Pored toga, nedostatak korisničkih naknada čini ovu opciju jeftinijom na duži rok. Međutim, punjenje u vozilu kod kuće ima neka ograničenja, uključujući manju brzinu punjenja nego kod javnih stanica ili rešenja za brzo punjenje. Ovo bi moglo biti problematično za one kojima je potrebno brzo punjenje. Pored toga, mobilnost je ograničena na lokacije gde je instalirana posebna stanica za punjenje, a početna instalacija može prouzrokovati značajne troškove, posebno ako se moraju izvršiti izmene na postojećem električnom sistemu. Dakle, izbor između spoljnih i ugrađenih sistema za punjenje zavisi od individualnih potreba vozača. Često je najbolji pristup korišćenje kombinacije oba sistema kako bi se maksimizirala pogodnost i smanjili troškovi rada hibridnih i električnih vozila.

Spoljni sistemi, uključujući javne stanice za punjenje, stanice za brzo punjenje i bežične sisteme za punjenje, nude široko prisustvo stanica u urbanim područjima i duž autoputeva. Ovi sistemi su poznati po svojoj sposobnosti da obezbede brzo punjenje i idealni su za putovanja na velike udaljenosti. Međutim, mogu podrazumevati veće troškove zbog naknada za korišćenje na nekim stanicama i mogu biti pogođeni zagušenjima u određenim oblastima. S druge strane, ugrađeni sistemi se prvenstveno oslanjaju na kućne stanice za punjenje. Oni nude maksimalnu pogodnost, omogućavajući vozačima da pune svoja vozila direktno kod kuće. Ovaj pristup eliminiše troškove korišćenja i pruža fleksibilnost zakazivanja punjenja tokom isplativih sati tarifa energije. Međutim, punjenje je sporije u poređenju sa javnim stanicama velike snage, što bi moglo biti problem za one kojima je potrebno brzo punjenje.





Pored toga, zahteva instalaciju posebne kućne stanice za punjenje, što sa sobom nosi povezane troškove. Poređenje ova dva sistema je od vitalnog značaja za vozače električnih vozila jer će značajno uticati na njihovo iskustvo punjenja i povezane troškove. Izbor između sistema van vozila i sistema u vozilu zavisi od individualnih potreba vozača i uslova punjenja dostupnih u njihovom regionu.

UGRAĐENI PUNJAČI ZA HV/EV SISTEME ZA PUNJENJE

Motivacija za prelazak na ugrađene punjače

Ugrađeni punjači (OBC) predstavljaju dominantan tehnološki trend u odnosu na spoljne punjače u električnim i hibridnim vozilima zbog brojnih ključnih prednosti. Prvo, njihova direktna integracija u vozila nudi značajnu pogodnost korisnicima. Više nije potrebno nositi spoljni punjač ili tražiti namenske stanice za punjenje. Mogućnost direktnog punjenja iz standardne utičnice, kao što je ona u našem domu, značajno pojednostavljuje svakodnevni život vozača. Pored toga, OBC-ovi mogu biti dizajnirani i optimizovani posebno da odgovaraju potrebama baterije vozila. To rezultira većom efikasnošću tokom procesa punjenja. OBC-ovi mogu pružiti konzistentniju i kontrolisaniju snagu punjenja od spoljnih punjača, koji moraju biti dizajnirani da odgovaraju različitim vozilima. Integracija OBC-ova u vozila takođe omogućava direktniju i sofisticiraniju komunikaciju. Mnogi OBC-ovi su opremljeni dvosmernim komunikacionim sistemima koji omogućavaju vozilu da interaguje sa električnom mrežom i infrastrukturom za punjenje. Ovo otvara put naprednim funkcijama, kao što su zakazivanje vremena punjenja kako bi se iskoristile niske cene energije ili upravljanje snagom u skladu sa potrebama mreže. Sa stanovišta veličine i težine, integrisani OBC punjači zauzimaju manje prostora od eksternih punjača i mogu doprineti ukupnoj uštedi težine u vozilima.

Što se tiče bezbednosti, OBC punjači mogu biti dizajnirani sa naprednim sistemima zaštite kako bi se osigurala bezbednost vozila i sistema punjenja. Ovi sistemi uključuju detekciju kratkog spoja, praćenje temperature i zaštitu od preopterećenja. Konačno, postoji trend ka standardizaciji OBC punjača. Proizvođači automobila i industrijske organizacije rade na uspostavljanju zajedničkih standarda, čime se pojednostavljuje proizvodnja i upotreba električnih i hibridnih vozila. Ukratko, ugrađeni punjači nude praktično, efikasno i integrisano rešenje za punjenje električnih i hibridnih vozila. Iako se mogu dopuniti eksternim stanicama za punjenje za duža putovanja ili javne potrebe, njihova preovlađujuća uloga u zadovoljavanju svakodnevnih potreba za punjenjem je veliki korak napred u prelasku na električnu mobilnost.





Standardi i klasifikacija

U električnim vozilima, konektori uređaja za ugrađeni punjač (OBC) igraju ključnu ulogu u punjenju baterije. Postoje različite vrste konektora širom sveta, svaki sa svojim specifičnim karakteristikama i primenama. Konektor J1772 (tip 1) se obično koristi u Sjedinjenim Državama, Kanadi i nekim drugim regionima. Međutim, njegova brzina punjenja je ograničena u poređenju sa novijim standardima i povezan je sa vozilima kao što su Nissan Leaf i Chevrolet Volt, oba proizvedena u Sjedinjenim Državama. Tesla koristi vlastiti konektor, poznat kao Tesla konektor, koji nudi velike snage punjenja, značajno ubrzavajući punjenje Tesla vozila, uključujući Model S, Model 3, Model X i Model Y.

Međutim, ovaj standard je ekskluzivan za Tesla vozila i nije kompatibilan sa standardima drugih proizvođača. U Japanu i nekim regionima sveta, CHAdeMO konektor je uobičajen i nudi brzo jednosmerno punjenje. Često se povezuje sa vozilima kao što su Nissan Leaf, Mitsubishi i-MiEV i Kia Soul EV. Konektor Combo Charging System (CCS) se sve više usvaja u Evropi i Severnoj Americi.

Nudi svestranost podrške za jednosmerno i naizmenično punjenje i povezan je sa vozilima brendova kao što su BMW, Volkswagen, Ford, Audi i drugi. U Evropi, konektor tipa 2 (IEC 62196) se široko koristi za naizmenično punjenje. Povezan je sa vozilima kao što su Renault Zoe i BMW i3, između ostalih. Iako ne podržava jednosmerno punjenje, dobro je rasprostranjen u Evropi i nudi pouzdano punjenje. CCS (tip 2) je proširenje CCS standarda koji se koristi u Evropi, a koji takođe uključuje naizmenično punjenje. Ovaj standard koriste mnogi evropski proizvođači automobila, uključujući BMW, Volkswagen i druge, za vozila sa mogućnostima jednosmernog i naizmeničnog punjenja. U Kini, GB/T konektor (GBT 20234) se koristi kao nacionalni standard i kompatibilan je sa jednosmernim i naizmeničnim punjenjem. Povezan je sa vozilima koje proizvode kompanije kao što su BYD i NIO. Izbor konektora zavisi od geografskog regiona, proizvođača automobila i preferirane strategije punjenja, kao što je opisano na slici 15. Globalni standardi, kao što je CCS, postaju sve češći kako bi se povećala kompatibilnost između vozila i dostupnost stanica za punjenje. Međutim, važno je uzeti u obzir kompatibilnost konektora sa vozilom i lokalnom infrastrukturom prilikom izbora električnog vozila. Ugrađeni punjači (OBC), koji se koriste u električnim i hibridnim vozilima, mogu se klasifikovati prema nivoima snage koje su sposobni da isporuče. Ovi nivoi snage su ključni za određivanje karakteristika punjenja vozila.





	J1772	Tesla	CHAdeMO	CCS	Type 2	CCS (2)	GB/T
N. America	AC/DC	AC/DC	DC	DC			
Europe	AC	AC/DC	DC		AC	DC	
Japan	AC		DC				
China							AC/DC

Slika 6. Tipovi konektora i njihova upotreba u određenim regijama

Standardni nivoi snage uključuju „Nivo 1“ i „Nivo 2“. Nivo 1 karakteriše jednofazni naponi od 120 V (u Sjedinjenim Državama) ili 230 V (u Evropi) i može da isporuči izlaznu snagu od oko 1,3–1,9 kW (tipično). Ovaj nivo se obično koristi za kućno punjenje, posebno preko noći, i pogodan je za vozila sa manjim baterijama. Vreme punjenja za punjače Nivoa 1 može da varira u zavisnosti od kapaciteta baterije vozila, ali obično je potrebno nekoliko sati da se vozilo potpuno napuni od skoro prazne do pune. Nivo 2, s druge strane, radi na jednofaznim naponima od 240 V (u Sjedinjenim Državama) ili 230 V (u Evropi) i može da isporuči veću snagu, generalno u rasponu od 3,7 kW do 22 kW, u zavisnosti od toga da li je uređaj u jednostepenoj ili dvostepenoj/višestepenoj konfiguraciji. Ovaj nivo je najčešći za kućno i javno punjenje i pogodan je za većinu električnih i hibridnih vozila. Vremena punjenja na nivou 2 su znatno brža nego na nivou 1, i mnoga vozila se mogu potpuno napuniti preko noći ili u roku od nekoliko sati, u zavisnosti od kapaciteta baterije. Što se tiče visokih nivoa snage, nalazimo „nivo 3“ ili „brzo jednosmerno punjenje“. Ovaj nivo uključuje mnogo veće napone i direktnu jednosmernu konverziju. Naponi mogu značajno da variraju, ali mogu biti i do 600 V ili više, sa snagom koja prelazi 50 kW ili čak 350 kW (kao kod Teslinih superpunjača). Punjači nivoa 3 pružaju izuzetno brzo vreme punjenja. U zavisnosti od konkretnog punjača i vozila, neki punjači nivoa 3 mogu da napune značajan deo kapaciteta baterije za samo 30 minuta do sat vremena. Ovaj nivo je dizajniran da omogući mnogo brže punjenje od nižih nivoa i koristi se u stanicama za brzo punjenje duž autoputeva i na javnim mestima (slika 16). Izbor između jednofaznih i trofaznih sistema zavisi uglavnom od raspoloživog napona napajanja i specifikacija električnog vozila. Jednofazni sistemi koriste jedno faznu naizmeničnu struju (AC) i najčešći su tip za kućno punjenje. Pogodni su za jednofazne napone od 120 V ili 230 V i predstavljaju praktično rešenje za kućno punjenje, nudeći relativno brže vreme punjenja od nivoa 1.





Ova konfiguracija je idealna za kućno punjenje i vozila sa baterijama umerenog kapaciteta. Dvostepena konfiguracija je složenija i koristi dva AC/DC konvertora: jedan za punjenje pri malim snagama i jedan za punjenje pri velikim snagama, često od 22 kW do 350 kW ili više. Idealna je za vozila kojima je potreban širok opseg snaga punjenja. Nudi veću fleksibilnost i podržava DC punjenje velike snage, značajno smanjujući vreme punjenja. Višestepena konfiguracija je najnaprednija i koristi tri ili više AC/DC konvertora. Dizajnirana je za rukovanje izuzetno visokim snagama punjenja, kao što su one iznad 350 kW, što omogućava ultrabrzo punjenje. Ova konfiguracija je kritična za komercijalna vozila i javne stanice za punjenje velike snage. Međutim, ona je takođe najsloženija i najskuplja za implementaciju. Ukratko, izbor OBC konfiguracije zavisi uglavnom od potreba za napajanjem električnih vozila. Jednostepene konfiguracije su pogodne za umerenu snagu i kućno punjenje, dok su dvostepene i višestepene konfiguracije neophodne za punjenje velike snage i ultrabrzo, često povezano sa komercijalnim vozilima ili javnim stanicama za punjenje. Složenost i troškovi rastu sa brojem faza, tako da je izbor vođen potrebom za podrškom specifičnih snaga punjenja.

Ispravljač je ključna komponenta u sistemima za električnu konverziju i često je prva faza konverzije u bilo kojoj konfiguraciji ugrađenog punjača (OBC) u električnim vozilima. Njegova glavna funkcija je pretvaranje električne energije iz početnog oblika, obično u obliku naizmjeničnog napona (AC), u upotrebljiv oblik, tj. jednosmerni napon (DC).

Ova konverzija je neophodna za omogućavanje efikasnog punjenja baterija električnih vozila.

Postoje dve glavne vrste ispravljača: pasivni ispravljači i aktivni ispravljači, od kojih svaki ima drugačiji princip rada. Pasivni ispravljač: Pasivni ispravljač koristi pasivne komponente kao što su diode za pretvaranje naizmjenične u jednosmernu struju. Dioda je ključna komponenta u pasivnom ispravljaču. Rad pasivnog ispravljača se odvija u dve faze: – Polutalasna faza (Polutalasan ispravljanje): U ovoj fazi, dioda propušta pozitivni napon sa ulazne naizmjenične struje, dok blokira negativni napon. To znači da se samo polovina naizmjeničnog talasa prenosi na izlaznu jednosmernu struju. Ovo je neefikasan proces jer se polovina energije odbacuje.

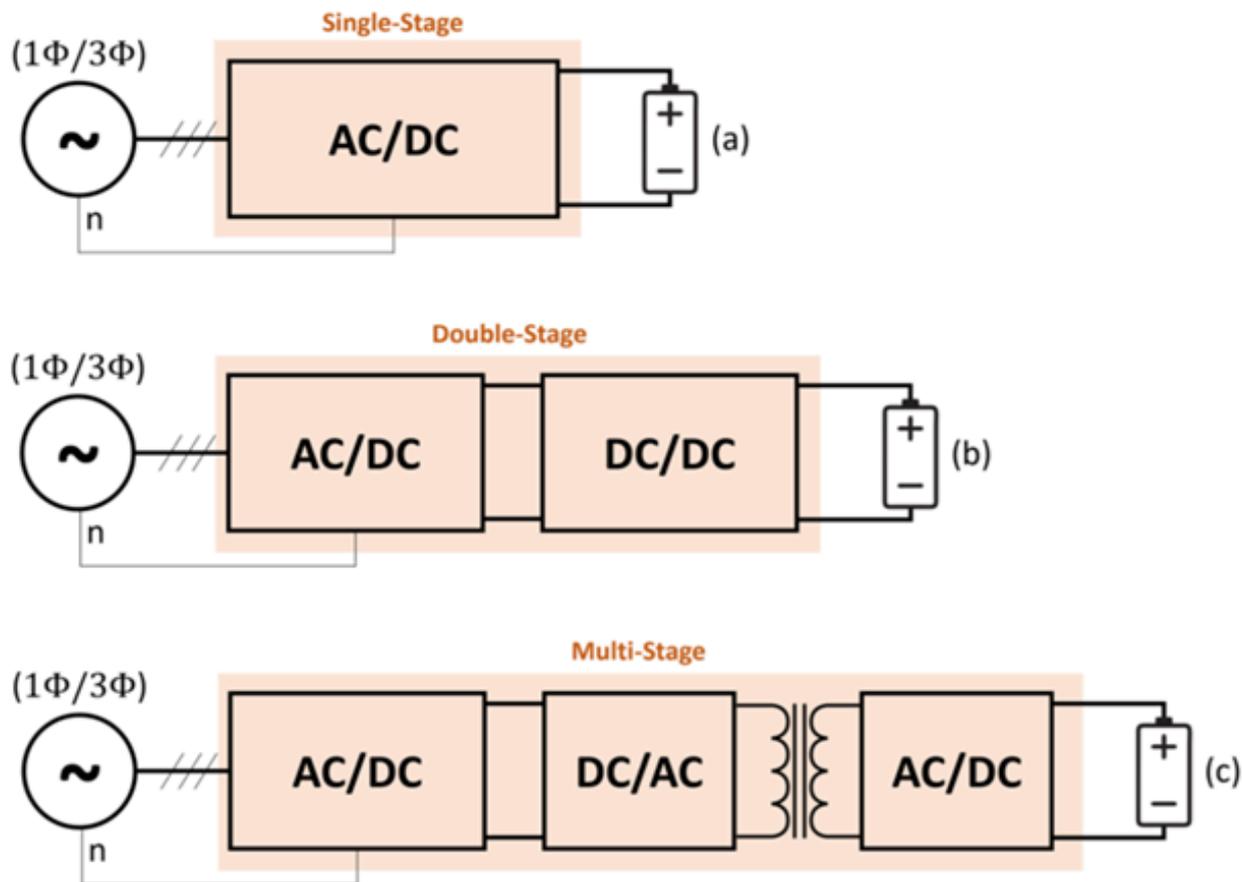
– Faza punog talasa (Ispravljanje punog talasa): U ovoj fazi, dve diode se koriste za hvatanje i pozitivnog i negativnog dela naizmjeničnog talasa. Ovo rezultira efikasnijom konverzijom, ali je i dalje nesavršeno jer se naizmjenični talas deli na dve odvojene polovine i rezultat je pulsirajući jednosmerni talas.



Aktivni ispravljač: Aktivni ispravljač koristi tranzistore ili kontrolisane poluprovodničke uređaje za efikasnije pretvaranje naizmjenične u jednosmernu struju od pasivnog ispravljača. Postoje dve glavne vrste aktivnih ispravljača: mostovni ispravljači i kontrolisani ispravljači.

– Mostovni ispravljač: Ova vrsta aktivnog ispravljača koristi četiri diode u mostovnom kolu za pretvaranje naizmjenične u jednosmernu struju. Rad je sličan radu pasivnog punotalasnog ispravljača, ali sa četiri diode umesto dve. Ovo omogućava potpuniju konverziju naizmjenične u jednosmernu struju i najčešći je tip ispravljača koji se koristi u kućnim primenama.

– Kontrolisani ispravljač: Ova vrsta ispravljača koristi kontrolisane tranzistore ili GTO za podešavanje izlaznog napona po potrebi. Ovi uređaji se mogu uključivati ili isključivati na kontrolisan način, omogućavajući precizniju i fleksibilniju konverziju naizmjenične u jednosmernu struju. Kontrolisani ispravljači se koriste u primenama gde je potrebna precizna kontrola napona, kao što su prekidači napajanja.



Slika 8. Tipična konfiguracija OBC uređaja: (a) jednostepeni uređaj (b) dvostepeni uređaj (c) višestepeni uređaj





Glavne razlike između pasivnih i aktivnih ispravljača:

i Efikasnost: Aktivni ispravljači su generalno efikasniji od pasivnih ispravljača jer smanjuju gubitke snage.

ii Kontrola: Aktivni ispravljači omogućavaju veću kontrolu nad izlaznim naponom.

iii Primene: Pasivni ispravljači su pogodni za jednostavne primene, dok su aktivni ispravljači poželjniji kada je potrebna naprednija i preciznija konverzija snage.

Uopšteno, izbor između pasivnog i aktivnog ispravljača zavisi od specifičnih potreba primene i zahteva za efikasnošću i tačnošću. DC/DC konvertori igraju ključnu ulogu u OBC uređajima električnih vozila, omogućavajući efikasno upravljanje električnom energijom. Njihova glavna svrha je regulisanje ulaznog napona jednosmerne struje (DC) na jednosmerni napon potreban za punjenje baterije ili napajanje drugih sistema vozila.

Ovi konvertori su često dizajnirani da rade u različitim režimima u zavisnosti od specifičnih potreba vozila i konteksta upotrebe. Neki od najčešćih režima uključuju:

i Buck režim: U ovom režimu, konvertor smanjuje ulazni jednosmerni napon na niži nivo izlaznog jednosmernog napona. Ova operacija je korisna kada je potrebno smanjiti napon vučne baterije da bi se napajali uređaji nižeg napona, kao što su sistem za hlađenje ili upravljačko kolo.

ii Boost režim: Režim povećanja napona je suprotan režimu pojačavanja napona. U ovom slučaju, konvertor povećava ulazni jednosmerni napon na viši nivo izlaznog jednosmernog napona. Ovo je ključno kada želite da puniti bateriju na višem naponu od onog koji obezbeđuje mreža.

iii Buck-boost režim: Ovaj režim vam omogućava da podesite i više i niže napone od ulaznog napona. Koristan je kada je potrebna maksimalna fleksibilnost u upravljanju napajanjem.





iiv Režim izolacije: Neki DC/DC konvertori su dizajnirani da obezbede električnu izolaciju između ulaza i izlaza. Ovo je važno radi obezbeđivanja bezbednosti i zaštite kola vozila.

v Režim regulacije: DC/DC konvertori se takođe mogu koristiti za podešavanje izlaznog napona prema specifičnim zahtevima punjenja baterije, osiguravajući da baterija prima ispravan napon i struju tokom procesa punjenja.

DC/DC konvertori u OBC uređajima su često dizajnirani da budu visoko efikasni kako bi se minimizirali gubici energije tokom konverzije. Ovo je ključno za maksimiziranje dometa električnih vozila i minimiziranje troškova rada. Generalno, DC/DC konvertori igraju ključnu ulogu u ekosistemu električnih vozila, pomažući u obezbeđivanju pouzdanog i efikasnog rada OBC uređaja, kao i optimizovano upravljanje napajanjem.

Filteri za elektromagnetne smetnje (EMI) su bitne komponente u ugrađenim punjačima (OBC) u hibridnim i električnim vozilima. Njihova glavna funkcija je upravljanje i smanjenje elektromagnetnih smetnji koje se generišu tokom procesa električnog punjenja.

Tokom procesa punjenja mogu se javiti fluktuacije struje i napona koje generišu elektromagnetne smetnje. EMI filteri su dizajnirani da uhvate ove elektromagnetne smetnje i sprovedu ih u zemlju ili apsorbuju, čime se sprečava njihovo širenje u električnu mrežu ili ometanje drugih elektronskih uređaja. Regulatorna tela i standardi elektromagnetne kompatibilnosti (EMK) postavljaju ograničenja na nivo elektromagnetnih smetnji koje uređaj može emitovati. Instaliranje EMI filtera pomaže u osiguravanju da je OBC uređaj u skladu sa ovim propisima, izbegavajući zakonske kazne i obezbeđujući bezbedan i efikasan rad. OBC uređaji sadrže osetljive elektronske komponente, kao što su kontrolna kola i uređaji za napajanje. Elektromagnetne smetnje mogu oštetiti ili poremetiti pravilno funkcionisanje ovih komponenti. EMI filteri štite takve komponente od štetnih smetnji. Slično tome, EMI filteri takođe sprečavaju spoljne smetnje, kao što su radio talasi ili drugi izvori smetnji, da utiču na rad OBC uređaja. EMS propisi, kao što su CISPR (Commission Internationale de l'Éclairage Special Committee on Radio Interference) i FCC (Federal Communications Commission), nameću ograničenja na elektromagnetne emisije iz električnih i elektronskih uređaja. OBC uređaji moraju biti projektovani u skladu sa ovim propisima kako bi se osigurala elektromagnetska kompatibilnost sa drugim elektronskim uređajima i kako bi se izbegle neželjene smetnje.





Pored toga, propisi se mogu razlikovati od regiona do regiona. Na primer, u Evropi, CE oznaka je zahtev koji ukazuje na usklađenost sa EMC propisima. EMI filteri su kritične komponente u OBC uređajima hibridnih i električnih vozila jer pomažu u osiguravanju da je proces punjenja efikasan, bezbedan i u skladu sa EMC propisima. Njihovo prisustvo je ključno za zaštitu elektronskih komponenti, sprečavanje spoljnih smetnji i osiguravanje usklađenosti sa propisima o dizajnu.

PREGLED TEHNOLOGIJA PUNJENJA ELEKTRIČNIH VOZILA

Kontinuirani globalni porast potražnje za električnim vozilima predstavlja pred inženjere nekoliko novih izazova. Usvajanje električnih vozila donosi nekoliko prednosti, kao što su smanjenje ugljeničnog otiska, smanjenje štetnih emisija u životnu sredinu i poboljšanje kvaliteta vazduha u naseljenim područjima. Ovo je ključno jer u gusto naseljenim urbanim područjima, gde se pretežno koriste vozila sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, visok nivo finih čestica u vazduhu predstavlja ozbiljan problem.

Pored poboljšanja samih električnih automobila, neophodna su ulaganja u stanice za punjenje. Rastuća integracija stanica za punjenje električnih automobila u elektroenergetsku mrežu donosi nekoliko izazova, kao što su planiranje, održavanje stabilnog rada mreže bez poremećaja, obezbeđivanje stabilnosti i bezbednosti.

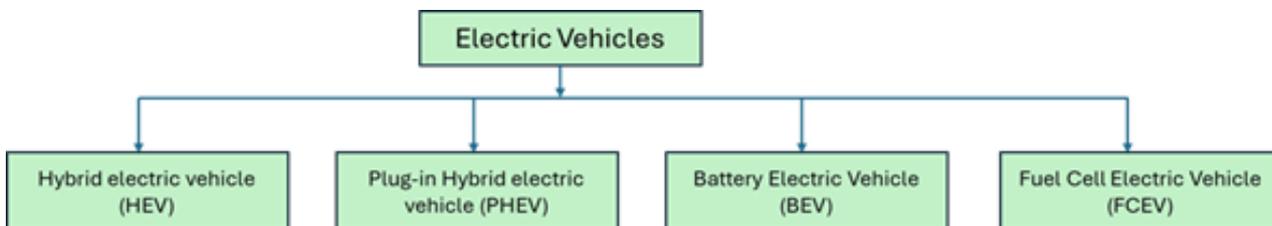
Električna vozila i plug-in hibridna električna vozila mogu se puniti na stanicama za punjenje. Većina korisnika preferira punjenje kod kuće. Širenje raspoređivanja stanica za punjenje na radnim mestima, javnim parkinzima, benzinskim pumpama, velikim lancima supermarketa i drugim lokacijama doprineće brzom rastu ovog sektora.

Najveće tržište električnih vozila je Kina, gde prodaja kontinuirano raste brzim tempom, a zatim sledi Evropa. Brzu ekspanziju u Evropi podržavaju brojni programi Evropske komisije koji podstiču prodaju. U Nemačkoj, svako ko kupi potpuno novo električno vozilo dobija subvenciju od 10.000 evra.

Električno vozilo se sastoji od jednog ili više elektromotora i visokonaponskog baterijskog paketa sa sistemom punjenja. Elektromotor ili potpuno pomaže putem električne energije ili motora sa unutrašnjim sopstvenim sagorevanjem, u zavisnosti od tipa električnog vozila. Pored toga, elektromotor funkcioniše kao generator i obezbeđuje energiju za punjenje baterije pomoću dvosmernog DC-AC konvertora tokom kočenja i usporavanja vozila. Nasuprot tome, konvertor omogućava prenos energije iz baterije u motor tokom vožnje.



Hibridno vozilo ima konvencionalni dizajn vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem i bateriju za napajanje vozila koristeći gorivo i električnu energiju. Kapacitet baterije određuje domet vožnje vozila u električnom režimu. Hibridna električna vozila (HEV) i plug-in hibridna električna vozila (PHEV) su dve vrste hibridnih vozila na tržištu.



Slika 1. Tipovi električnih vozila.

Nivoi punjenja i oprema

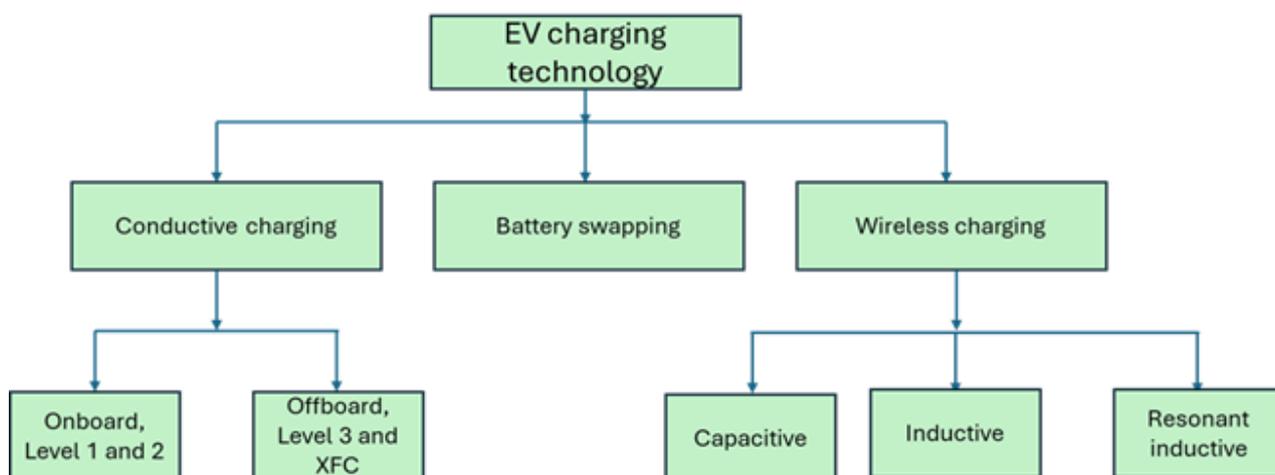
Postoje različite tehnologije punjenja električnih vozila (EV), prilagođene njihovim specifičnim tehničkim i energetske zahtevima. Da bi se olakšala njihova integracija na tržištu i povećala konkurentnost u poređenju sa tradicionalnim vozilima sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem (ICE), razvijeni su i implementirani standardizovani nivoi i modeli električnog punjenja.

Električni pogonski sklop električnih vozila sa utičnicom obično uključuje visokonaponski baterijski paket (koji obezbeđuje stabilne nivoe napona i struje), sistem za upravljanje baterijom (BMS), konvertore za regulaciju napona, kontrolne jedinice i pogonske invertore.

Sistemi punjenja električnih vozila mogu se klasifikovati prema nekoliko kriterijuma: ugrađeni ili spoljni; jednosmerni ili dvosmerni; u zavisnosti od smera protoka energije; sa ili bez transformatora. Metode punjenja uključuju konduktivno punjenje, zamenu baterija i bežično (induktivno) punjenje, kao što je ilustrovano na slici 2.

Najšire korišćena metoda je konduktivno punjenje, gde je baterija direktno povezana na električnu mrežu preko kabla. Ova vrsta punjenja je kategorisana u tri nivoa – od nivoa 1 do nivoa 3 – prema standardu SAE J1772, i četiri režima – od režima 1 do režima 4 – na osnovu standarda IEC 61851-1.

Bežično punjenje koristi vremenski promenljiva magnetna polja za prenos energije iz mreže do baterije vozila. U zavisnosti od principa rada, ova vrsta punjenja je podeljena u tri glavne kategorije: kapacitivno, induktivno i rezonantno induktivno.



Sl. 2. Tehnologije punjenja električnih vozila.

Specifikacije tipova električnih vozila prikazane su u Tabeli 1 u smislu tipa vozila, kapaciteta baterije, dometa vožnje i tipa konektora. Domet vožnje električnog vozila zavisi od kapaciteta baterije i njihovog profila potrošnje tokom vožnje.

Stoga, moderna električna vozila imaju veći kapacitet baterije i domet vožnje od 200 do 490 km sa jednim punjenjem. Brze i izuzetno brze stanice za punjenje se razvijaju kako bi zadovoljile visoke zahteve za EVSE. U proseku, uobičajenom električnom vozilu je potrebno oko 8 sati da napuni bateriju od 60 kWh od prazne do pune, što može da pokrije razdaljinu do 320 km.

Model vozila	Tip	Domet (km)	Kapacitet baterije kWh	Tip konektora
Volvo XC40	PHEV	43	10.7	CCS, Type 2
Toyota Prius	PHEV	40	8.8	SAE J1772
Nissan Leaf	BEV	480	64	CHAdemo, Type2



Model vozila	Tip	Domet (km)	Kapacitet baterije kWh	Tip konektora
Tesla Model S	BEV	620	100	Supercharger
Tesla Model 3	BEV	500	100	Supercharger
Nissan Leaf	BEV	580	82	Supercharger
Kia Nero	BEV	460	64	CCS, Type 2
Lexus UX 300	BEV	320	54.3	CHAdemo, Type2
BMW i3	BEV	310	37.9	CCS, Type 2





Model vozila	Tip	Domet (km)	Kapacitet baterije kWh	Tip konektora
Honda e	BEV	220	28.5	CCS, Type 2
Porsche Taycan	BEV	410	93	CCS, Type 2
Volkswagen e-Golf	BEV	35.8	230	CCS, Type 2
Audi 3-tron	BEV	400	95	CCS, Type 2
Mercedes EQA	BEV	420	66.5	CCS, Type 2





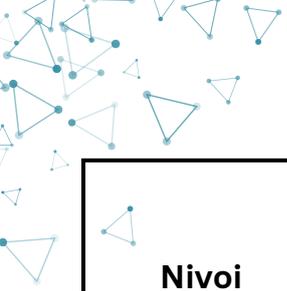
Punjenje kablom odnosi se na vezu između ulaznog priključka za punjenje vozila i stanice za punjenje. Klasifikovan je u tri nivoa – nivo 1, nivo 2 i nivo 3 – u zavisnosti od snage punjenja, kao što je prikazano u Tabeli 2. Nivo 1 i nivo 2 se obično koriste sa ugrađenim punjačima koji rade na naizmjeničnu struju (AC) i primenjuju isti skup standarda. Punjač nivoa 1 radi na jednofaznoj struji od 120 V AC i pruža najsporiju brzinu punjenja, sa izlaznom snagom do 1,92 kW, bez potrebe za dodatnom infrastrukturom. Zbog male snage, ova vrsta punjenja je pogodna za produženo ili noćno punjenje, obično treba između 10 i 40 sati da se napuni baterija električnog vozila kapaciteta od 15 do 60 kWh.

Nivo 2 nudi znatno brže punjenje u poređenju sa nivoom 1, što ga čini preferiranom opcijom za integraciju u javne zgrade i parkinge. Zahvaljujući većem kapacitetu snage, vreme punjenja sa nivoom 2 je 3 do 5 puta kraće. Ovi punjači mogu da isporuče do 19,2 kW koristeći jednofazno napajanje od 240 V. Za ovo su potrebne specijalizovane električne komponente i pravilna instalacija. Vreme punjenja se generalno kreće od 2 do 3 sata za baterije kapaciteta od 30 do 50 kWh.

Konektori za punjenje za nivo 1 i nivo 2 ispunjavaju standard IEC 62196-2 u Evropi, dok se u SAD primenjuju standardi SAE J1772 i Tesla Supercharger.

Stanice za punjenje nivoa 2 se obično nalaze u javnim garažama, tržnim centrima i poslovnim zgradama. Podržavaju pametne funkcije punjenja, uključujući kontrolu i zakazivanje putem mobilnih aplikacija. Da bi se optimizovala upotreba električne mreže, neke stanice nivoa 2 nude mogućnost dvosmernog punjenja. Ovo omogućava korišćenje baterije vozila kao privremene jedinice za skladištenje energije (V2G – Vehicle-to-Grid). Napredak takvih tehnologija igra ključnu ulogu u integraciji električnih vozila u pametne energetske sisteme budućnosti.





Nivoi punjenja	Snaga punjenja, kW	Tip punjenja	Mesto punjača	Vreme punjenja	Napajanje
Nivo 1	1.44 - 1.9	Ugrađeno sporo punjenje	Stambeni	200 km – 20h	230V, Jednofazno
Nivo 2	3.1-19.2	Ugrađeno polubrzo punjenje	Privatno i komercijalno	200 km – 5h	230V, Jednofazno
Nivo 3	20-350	Eksterno brzo punjenje	Komercijalno	80% za 200 km – 5h	400V Trofazno
Ekstremno brzo punjenje XFC	>350	Eksterno ultra brzo punjenje	Komercijalno	Približno 5min sa visokom gustinom energije	1000V DC, 400A





Upotreba mreže jednosmerne struje (DC) za punjenje nivoa 3 omogućava primenu i naizmjenične (AC) i jednosmerne struje za brzo i efikasno punjenje baterija električnih vozila (EV). Sistemi punjenja nivoa 3 rade u širokom opsegu snage – od 20 kW do 350 kW – isporučuju jednosmerne napone između 300 Vdc i 800 Vdc preko eksternih stanica za punjenje. Ovi punjači su direktno povezani sa vozilom preko spoljnih modula integrisanih u trofaznu električnu mrežu. Punjači snage 90 kW ili više mogu postići vreme punjenja između 0.2 i 0.5 sati, što je znatno brže u poređenju sa sistemima nivoa 1 i nivoa 2. Za punjenje nivoa 3 koriste se različiti standardizovani interfejsi, uključujući CHAdeMO, Tesla Supercharger i CCS Combo 1 i 3.

Uprkos visokoj efikasnosti punjača nivoa 3, sistemi manje snage (nivo 1 i 2) imaju minimalan uticaj na električnu mrežu tokom perioda vršnog opterećenja. Masovno raspoređivanje brzih punjača sa jednosmernom strujom može dovesti do preopterećenja lokalne distributivne infrastrukture zbog velike trenutne potrošnje energije. Iz tog razloga, toplo se preporučuje integracija pametnih energetskih sistema za upravljanje opterećenjem i optimizaciju potrošnje.

Sistemi za ekstremno brzo punjenje (XFC) nude performanse punjenja uporedive sa punjenjem goriva u vozilu sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem. Ovi sistemi podržavaju nivo snage iznad 350 kW i koriste unutrašnji napon jednosmerne magistrale od 800 Vdc, omogućavajući potpuno punjenje baterije za približno pet minuta. XFC stanice su dizajnirane sa naprednim energetskim komponentama, uključujući transformatore u čvrstom stanju (SST), izolovane DC-DC konvertore i AC-DC konvertore sa preciznim kontrolerima.

SST tehnologija nudi značajne prednosti u odnosu na konvencionalne transformatore mrežne frekvencije, uključujući veću efikasnost, kompaktniji dizajn i poboljšanu selektivnost zaštite. Pored toga, SST omogućava višestepenu konverziju i fleksibilno upravljanje protokom energije u realnom vremenu. XFC stanice su posebno pogodne za transportne koridore i logistička čvorišta gde je vreme zadržavanja kritičan faktor. Razvijaju se hibridne konfiguracije koje kombinuju solarne panele i energetske bafere kako bi se smanjilo opterećenje mreže. Očekuje se da će XFC infrastruktura igrati ključnu ulogu u izgradnji visokoefikasnih, održivih ekosistema punjenja električnih vozila budućnosti.

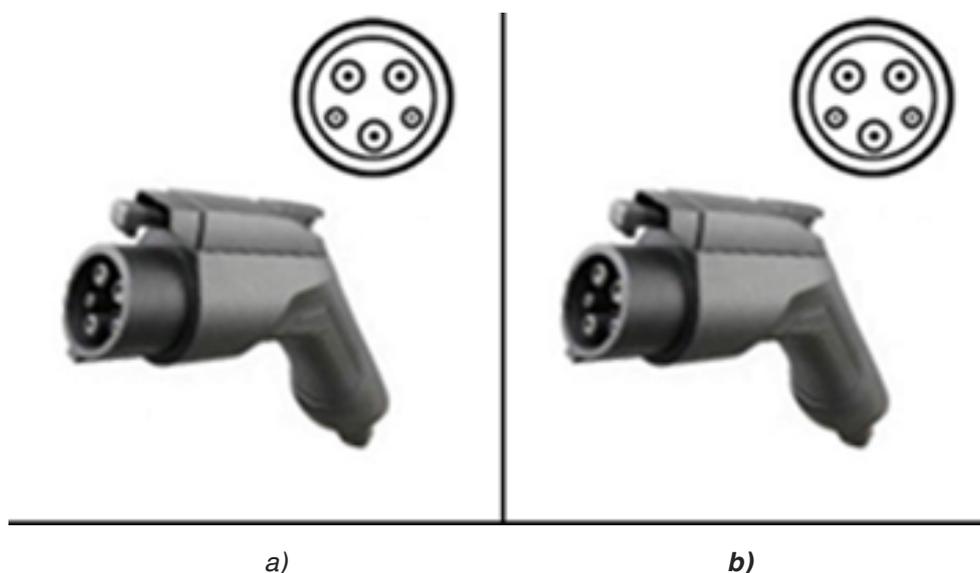


Konektori za punjenje električnih vozila

Punjači za električna vozila (EV) sastoje se od nekoliko ključnih komponenti - uključujući utičnice, konektore, kablove i utikače - koje zajedno čine jezgro opreme za napajanje električnih vozila (EVSE). Ovi elementi obezbeđuju bezbedno i pouzdano punjenje, pražnjenje i zaštitu električnog sistema. Njihove tehničke karakteristike i primenljivi standardi mogu se razlikovati u zavisnosti od nacionalnih regulatornih okvira i zahteva tržišta. Ipak, regulatorna tela i proizvođači aktivno sarađuju kako bi osigurali interoperabilnost kroz razvoj međunarodnih standarda, komunikacionih protokola i univerzalnih konektora za sisteme sporog i brzog punjenja, pomažući u izbegavanju nedoslednosti i tehničkih izazova.

AC punjači se generalno koriste za sporo punjenje, gde potpuno punjenje može trajati između 6 i 8 sati. Nasuprot tome, jednosmerni punjači su prvenstveno namenjeni za brzo punjenje i podržavaju nivoe snage do 400 kW, značajno smanjujući ukupno vreme punjenja. Konektori za električna vozila mogu se kategorisati u tri glavne grupe prema standardu IEC 62196-2, koji promoviše kompatibilnost između različitih brendova vozila i infrastrukture za punjenje.

Konektori tipa 1 se široko koriste u Japanu i SAD za jednofazno punjenje naizmeničnom strujom i prate standarde SAE J1772. Imaju mogućnost punjenja malom snagom (maksimalni kapacitet od 19.2 kW) sa naponom od 120 V ili 240 V sa maksimalnom strujom od 80 A.



Slika.3. Tip 1 AC konektor, a) Japan, b) SAD.



Konektori tipa 2 se smatraju standardnim tipom u svim zemljama koje podržavaju jednofazno i trofazno punjenje prateći standarde IEC 61851-1 [61]. Konektori tipa 2 - Mennekes se koriste u Evropi, a konektori tipa 2 - GB/T se koriste u Kini. Ovaj konektor podržava punjenje snagom od 22 kW.



Slika 4. Konektor Tipa 2.

DC punjači ili superpunjači pružaju najbržu brzinu punjenja koja prati standarde kombinovanog strujnog sistema (CCS) i IEC 62196. Standard IEC 62196-3 određuje četiri tipa konfiguracija spojnika za brze DC punjače. Standardi kombinovanog strujnog sistema (CCS) i IEC 62196. Standard IEC 62196-3 određuje četiri tipa konfiguracija spojnika za DC brze punjače. To su konfiguracija AA (CHAdeMO), konfiguracija BB (GB/T), konfiguracija EE (CCS-Combo 1) i konfiguracija FF (CCS-Combo 2).



Slika 5. DC konektor CHAdeMO.

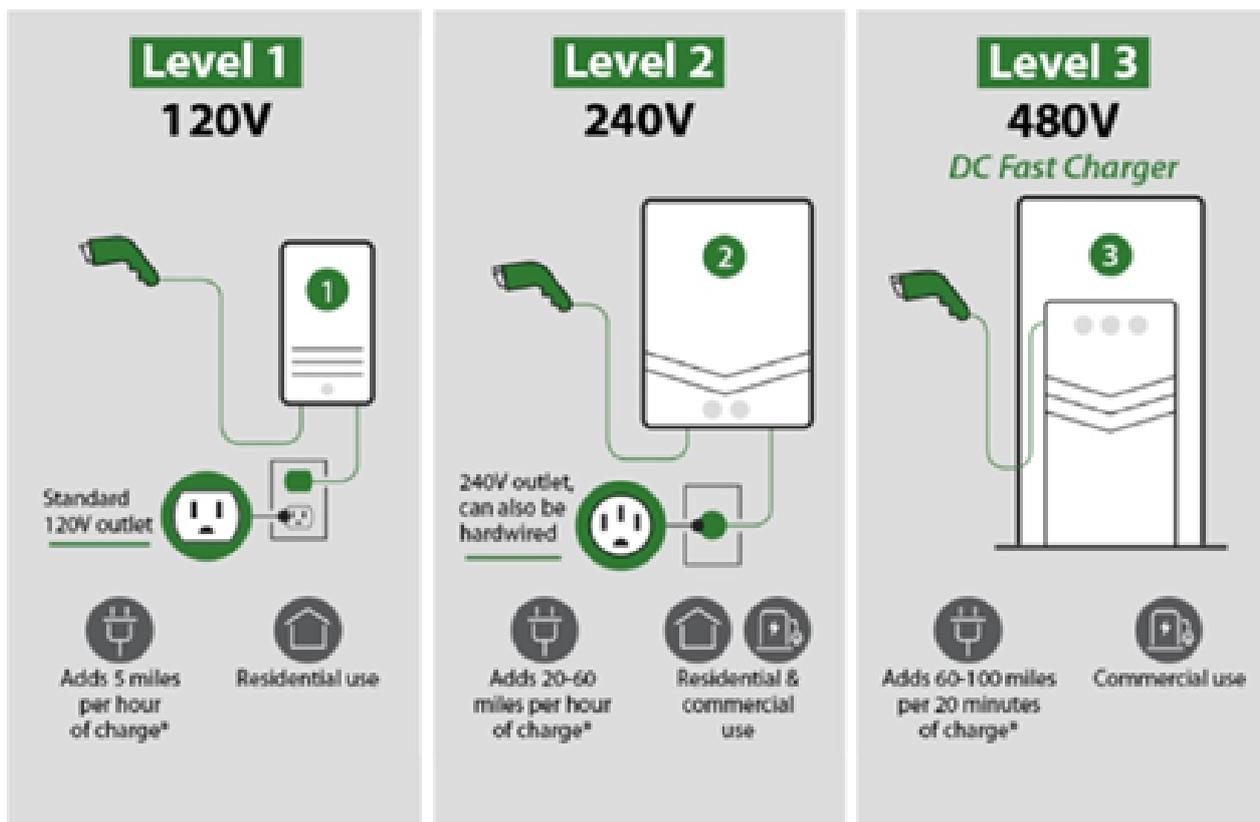


Slika 6. DC konektor CCS Combo 1.



Punjenje nivoa 3 / Brzo punjenje jednosmernom strujom (DCFC)

Dizajnirano za komercijalnu upotrebu, punjenje nivoa 3 radi sa naponom od 480 V i strujom do 125 A i snagom od 90 kW. Da bi se baterija električnog vozila direktno napunila, ova vrsta punjača zaobilazi ugrađeni AC-DC konvertor, koji se koristi za druge vrste punjenja. Prosečno vreme punjenja traje između 30 i 60 minuta, obezbeđujući oko 95 do 160 km za 20 minuta punjenja. Glavni nedostatak su visoki troškovi instalacije, što zahteva električnu infrastrukturu velike snage. Štaviše, punjenje nivoa 3 predstavlja tehničke izazove kao što je upravljanje temperaturom baterije [3].



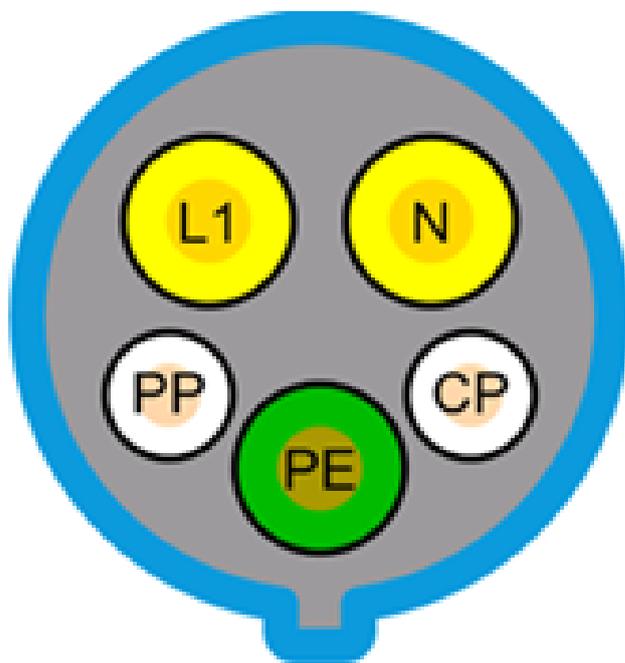
Slika 1. Tipovi stanica za punjenje



Tipovi konektora J1772 (Type 1)

J1772, takođe poznat kao J Plug, je standardni konektor koji se koristi u Severnoj Americi i Japanu za punjenje naizmeničnom strujom nivoa 1 i nivoa 2. Ima pet pinova, dve jednofazne AC linije (L1, L2/N), *Control pilot* pin (CP) za signalizaciju nakon priključenja, *Proximity pilot* (PP) za signalizaciju pre umetanja i zaštitno uzemljenje (PE). Nedostaci ovog tipa su što omogućava samo korišćenje jedne faze, kao i nedostatak mehanizma za zaključavanje, koji koriste drugi konektori.

Ulazni napon je između 120 V i 240 V, sa 16 A i 80 A, respektivno.

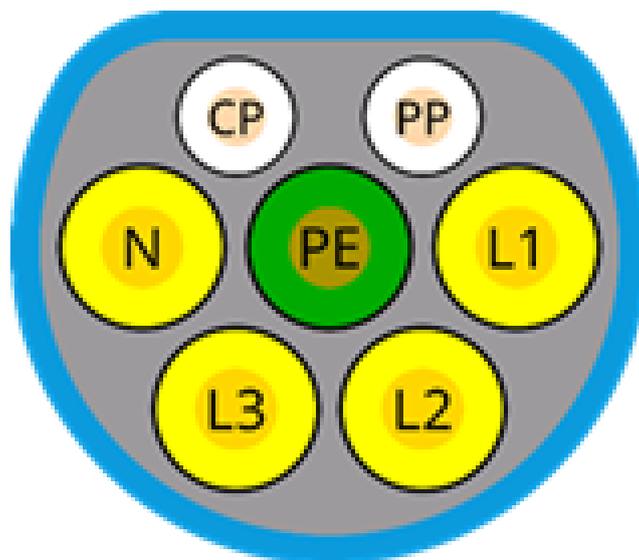


Slika 2. J1772 (Tip 1) konektor

Mennekes konektor (Type 2)

Konektor tipa 2 je AC konektor za punjenje nivoa 2 koji se uglavnom koristi u EU i Velikoj Britaniji. Podržava i jednofaznu (32 A i 230 V) i trofaznu struju (32 A i 400 V), što ga čini boljim od konektora tipa 1. Pored toga, Mannekes ima mehanizam za zaključavanje, koji sprečava slučajno uklanjanje tokom punjenja. Ovaj tip konektora koristi 7 pinova - 3 linijska pina, od kojih svi mogu da rade sa trofaznom naizmeničnom strujom, jedan neutralni pin (N), CP, PP i PE. Obezbeđuje 7,6 kW na 230 V i 22 kW na 400 V maksimalne izlazne snage.





Slika 3. Konektor tipa 2

Konektor kombinovanog sistema punjenja (CCS) (tip 1 i tip 2)

Konektor kombinovanog sistema punjenja tipa 1 (CCS Combo 1) je prošireni konektor J1772 za Severnu Ameriku, a tip 2 (CCS Combo 2) je za EU i Veliku Britaniju. Sa dva dodata DC pina, omogućavaju brzo punjenje velike snage. CCS Combo 1 i CCS Combo 2 su najčešće korišćeni konektori za punjenje za nivo 3 / DCFC u Severnoj Americi i Evropi, respektivno.

CCS Combo 1 koristi 480 V i ima maksimalnu izlaznu struju od 500 A, čime obezbeđuje snagu od 360 kW. S druge strane, CCS Combo 2 koristi nešto niži napon od 400 V, ali su njegova maksimalna izlazna struja i snaga iste kao kod Combo 1.

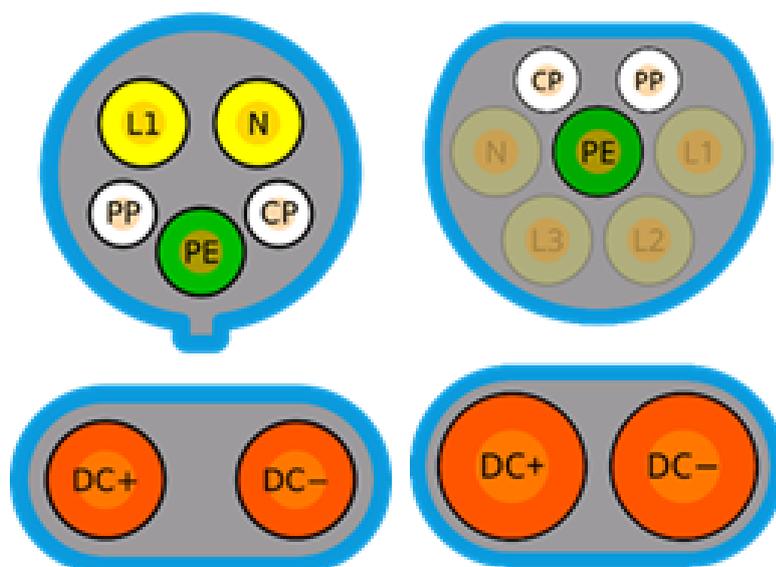
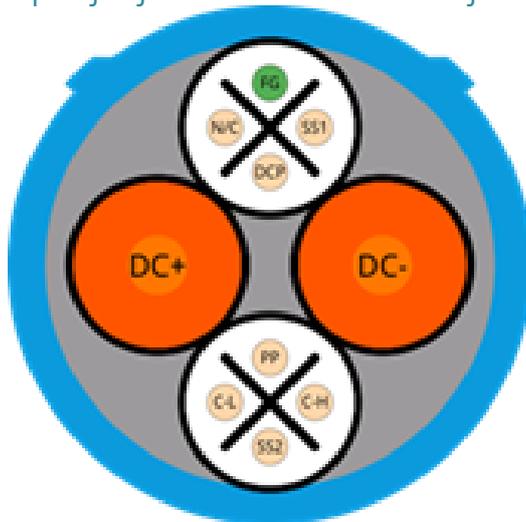


Fig. 4. CCS Combo 1 (levo) i CCS Combo 2 (desno) konektori



CHAdeMO

Japanski konektor CHAdeMO je standard za brzo punjenje jednosmernom strujom koji ima mogućnost punjenja maksimalnom izlaznom strujom od 400 A na 400 V, što rezultira snagom od 400 kW. CHAdeMO ima 10 pinova, od kojih dva nisu za prenos napajanja, već su veze za prenos podataka koristeći CAN (*Control Area Network*) magistralni komunikacioni protokol. Pinovi su imenovani na sledeći način: uzemljenje (FG), signal sekvence punjenja (SS1/SS2), nije povezano (N/C), omogućeno punjenje (DCP), jednosmerno napajanje (DC+/ DC-), PP, CAN magistrala (C-H, C-L). Glavni nedostatak ovog tipa konektora je što je korisnicima potreban dodatni port za punjenje naizmeničnom strujom.

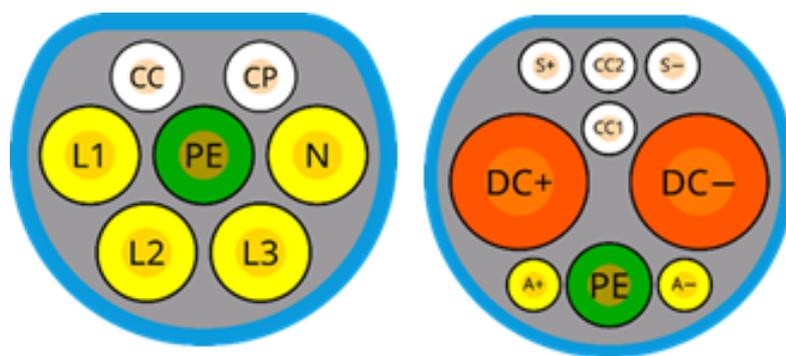


Slika 6. CHAdeMO konektor

GB/T (AC i DC)

GB/T (Cuobiao nacionalni standardi) su tipovi konektora iz Kine, jedan je za punjenje naizmeničnim (nivo 2), a drugi jednosmernim strujom (nivo 3). Prvi radi sa trofaznim naponom od 250 V i strujom od 32 A, dok drugi koristi 440 V i 250 A. Njihova maksimalna izlazna snaga je 7.4 kW i 237.5 kW respektivno. GB/T (AC) ima 7 pinova - CC, CP, PE, N, L(1,2,3), a GB/T (DC) ima 9 - S+/S- (CAN Bus protokol), CC1/CC2 potvrda grafikona, DC+/DC - glavno jednosmerno napajanje, PE, A+/A - aksilarno jednosmerno napajanje.



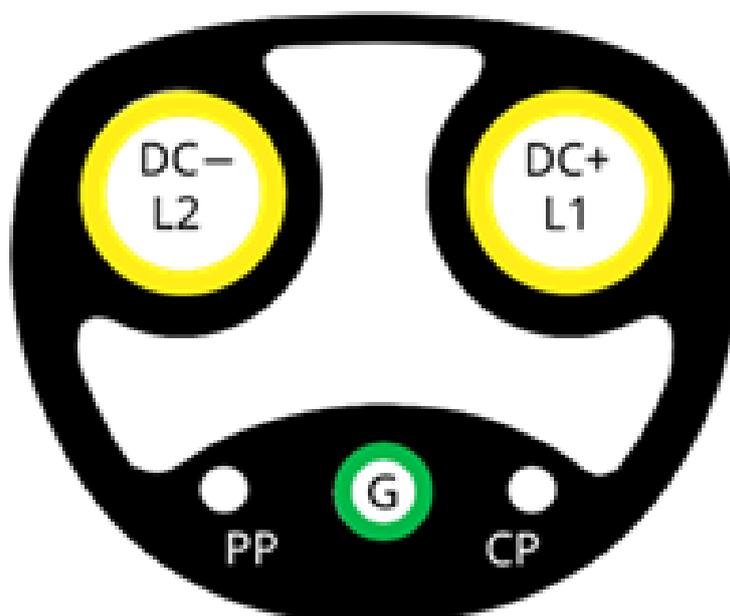


Slika 5. GB/T (AC) (levo) i GB/T (DC) (desno) konektori

TESLA

U Severnoj Americi, Tesla koristi Severnoamerički standard punjenja (NACS), koji podržava punjenje i naizmeničnom i jednosmernom strujom, kao i jednofazno i trofazno napajanje. Za naizmeničnu struju NACS može da isporuči 48 A struje, a za jednosmernu do 400 A. Maksimalna izlazna snaga je 250 kW. Ima DC+/L1, DC-/L2, uzemljenje, CP i PP pinove.

U Evropi i ostatku sveta, Tesla nudi adaptere za svoja vozila koji koriste J1172 i CCS stanice.



Slika 5. NACS konektori





INTEGRACIJA AR I VR TEHNOLOGIJA U ELEKTRIČNIM VOZILIMA

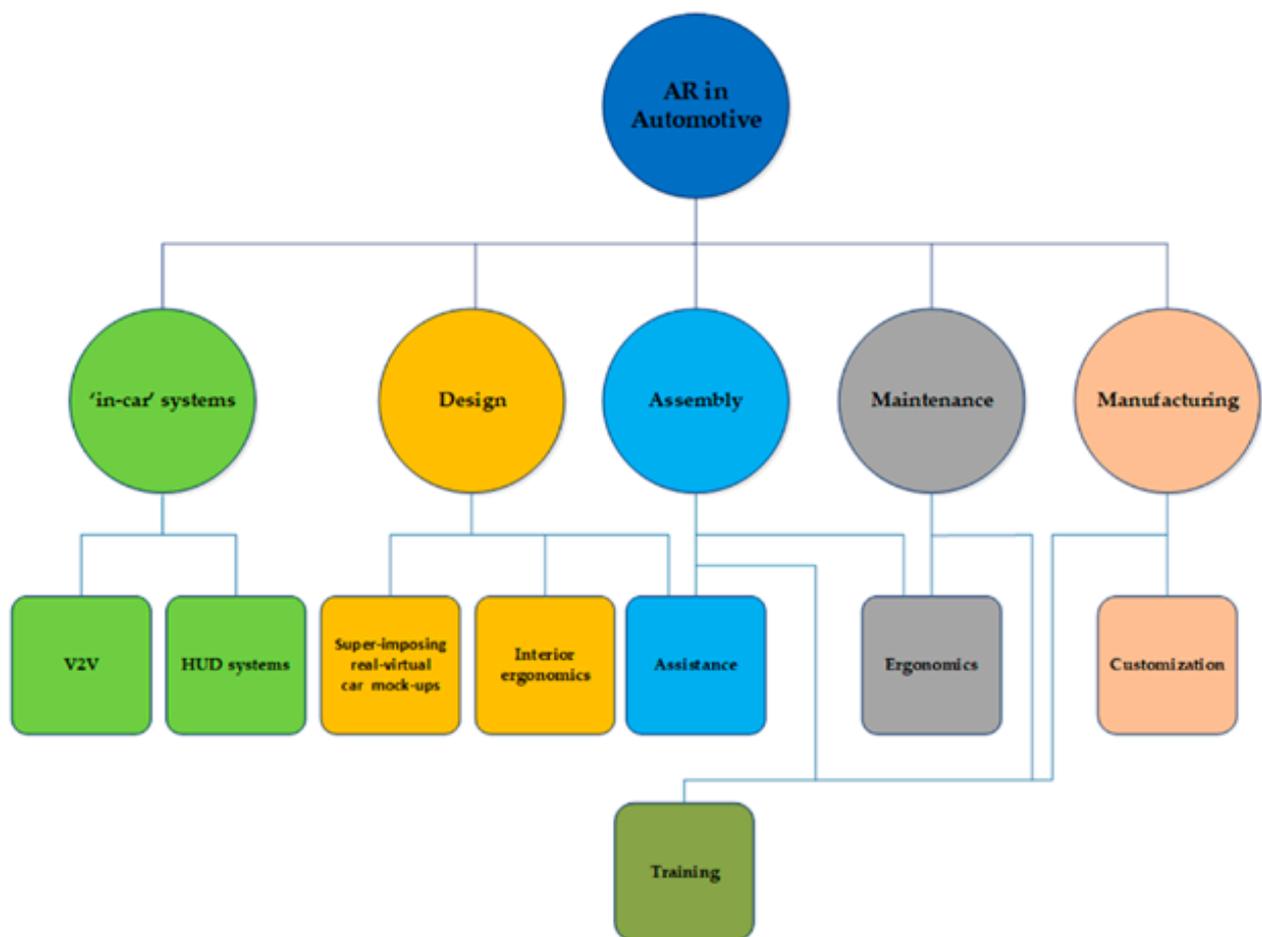
Porast upotrebe električnih vozila (EV) pokrenuo je paralelnu evoluciju u načinu na koji su vozila projektovana, upravljana i korišćena. Pored napretka u tehnologiji baterija, autonomnim sistemima i energetskej elektronici, imerzivne tehnologije – posebno proširena stvarnost (AR) i virtuelna stvarnost (VR) – igraju sve važniju ulogu u celom lancu vrednosti električnih vozila. Ove tehnologije omogućavaju pametnije korisničke interfejsse, efikasnije cikluse razvoja i bezbednije okruženje za održavanje i obuku.

Jedna od najistaknutijih primena proširene stvarnosti (AR) u električnim vozilima leži u poboljšanju interakcije čovek-mašina (HMI). AR-bazirani head-up displeji (HUD) projektuju kritične informacije o vožnji - kao što su brzina, navigacioni signali, status napunjenosti baterije i podaci adaptivnog tempomata - direktno na vetrobransko staklo. Ovi preklapajući elementi su precizno poravnati sa vidnim poljem vozača, koristeći podatke u realnom vremenu iz GPS-a, LiDAR-a i ugrađenih kamera kako bi se održala tačna svest o položaju. Ovo eliminiše potrebu da vozači skreću pažnju sa puta, čime se povećava bezbednost i smanjuje kognitivno opterećenje.

Dalja integracija AR u navigacione sisteme poboljšava svest o situaciji preklapanjem elemenata vođenja rute – poput strelica i indikatora promene trake – u stvarno okruženje. Kada je ugrađena u HUD-ove ili mobilne AR aplikacije, ova funkcionalnost podržava donošenje odluka u realnom vremenu i pojednostavljuje prilagođavanje rute. Za vozače električnih vozila, takvi sistemi takođe mogu direktno prikazivati informacije o dostupnosti stanica za punjenje, procenjenim vremenima čekanja u redu i izlaznoj snazi u AR okruženju, stvarajući inteligentnije i brže iskustvo u vožnji.

Pored pomoći vozaču, AR takođe podržava procese dijagnostike i održavanja. Tehničari opremljeni naočarima ili tabletima sa omogućenom proširenom stvarnošću mogu vizualizovati šeme sistema, prikazati kodove grešaka ili pratiti vođene tokove rada popravke koji se nadovezuju na fizičke komponente. Ova mogućnost značajno smanjuje vreme obuke, poboljšava efikasnost servisa i minimizira rizik od ljudske greške, što je posebno važno za visokonaponske električne sisteme koji zahtevaju strogu bezbednosnu usklađenost.





AR aplikacije u automobilskoj industriji

Dok AR preoblikuje interfejs vozila u realnom vremenu, VR transformiše način na koji se električna vozila konceptualizuju, dizajniraju i validiraju. Inženjeri sada koriste VR okruženja za brzu izradu prototipova i digitalnu validaciju platformi vozila. U virtuelnim pregledima dizajna, timovi iz različitih disciplina, uključujući mehaniku, elektroniku i softver, mogu zajednički proceniti ergonomske rasporede, termičko pakovanje baterijskih modula ili scenarije otpornosti na sudar bez fizičkih maketa. Ovo dovodi do bržih ciklusa iteracije i smanjenja troškova izrade prototipova.

VR takođe igra ključnu ulogu u simulaciji na nivou sistema. U kombinaciji sa visokokvalitetnim fizičkim motorima, inženjeri mogu da modeliraju ponašanje pogonskog sklopa, sisteme regenerativnog kočenja i termičke karakteristike pod različitim opterećenjem i uslovima okoline. Simulacije dinamike vozila zasnovane na VR-u mogu se integrisati sa okvirima „hardver u petlji“ (HIL) kako bi se testirali ugrađeni sistemi upravljanja u realnom vremenu, ubrzavajući validaciju softvera u realnim scenarijima vožnje pre probnih vožnji na putu.



U proizvodnim i terenskim oblastima, VR se koristi za obuku osoblja u bezbednom, ponovljivom okruženju. Radnici mogu biti uključeni u simulacije procesa sklapanja električnih vozila, postupaka rukovanja baterijama ili protokola za hitno isključivanje, ublažavajući rizike rada sa visokonaponskim sistemima. Ovo je posebno vredno u scenarijima gde bi izlaganje opremi pod naponom bilo nepraktično ili nebezbedno.

Sa komercijalnog stanovišta, AR i VR takođe poboljšavaju iskustvo kupaca električnih vozila. Mnogi proizvođači originalne opreme (OEM) implementiraju virtuelne salone i interaktivne konfiguratore koji omogućavaju potencijalnim kupcima da istraže karakteristike vozila, uporede modele i prilagode opcije putem VR interfejsa – bilo onlajn ili u okruženju prodajnih mesta. Virtuelne test vožnje omogućavaju kupcima da iskuse odziv obrtnog momenta, dinamiku korisničkog interfejsa, pa čak i funkcije potpomognute vožnje u potpuno impresivnoj simulaciji, poboljšavajući angažovanje kupaca i ubrzavajući odluke o kupovini.

Volkswagen ID serije – AR HUD

- Električna vozila Volkswagen ID.3 i ID.4 imaju AR head-up displej koji projektuje navigacione strelice, vođenje traka i informacije o adaptivnom tempomatu na vetrobransko staklo.
- Sistem koristi GPS i fuziju senzora (radar, kamere) kako bi uskladio grafiku sa pogledom vozača na stvarni svet.

Hyundai – Aplikacija za održavanje zasnovana na AR

- Hyundai nudi mobilnu aplikaciju sa proširenom stvarnošću pod nazivom „Virtuelni vodič“, koja prikazuje uputstva za održavanje i popravku na fizičkim komponentama vozila.
- Ovo omogućava vlasnicima električnih vozila da obavljaju osnovnu dijagnostiku ili održavanje na modelima poput Hyundai Ionik 5 koristeći svoje pametne telefone.

Porsche Taycan – AR Uputstvo za punjače

- Porsche Taycan, električno vozilo visokih performansi, integriše proširenu stvarnost kako bi pomogao vozačima u pronalaženju i navigaciji do stanica za punjenje, prikazujući pravce preko ekrana infotejnmenta ili kompatibilnih mobilnih uređaja.





VIRTUALNA REALNOST (VR) ZA RAZVOJ I TRENING KOD EV

Ford – VR u prototipiranju i ergonomiji električnih vozila

- Ford koristi virtuelnu stvarnost za dizajniranje i validaciju enterijera električnih vozila, kao što je enterijer Mustanga Mach-E, simulirajući ljudsku interakciju sa ekranima osjetljivim na dodir, kontrolama i ergonomijom sedišta.
- Njihova platforma za impresivno okruženje vozila (iVE) omogućava globalnim timovima da sarađuju u VR-u na pakovanju i dizajnu vozila.

BMW – Virtuelna obuka za montažu

- BMW je implementirao VR module za obuku na svojim proizvodnim linijama za električna vozila (npr. za BMW iX i i4) kako bi obučio fabričke radnike za instalaciju visokonaponskih baterija i o bezbednosnim protokolima.
- Polaznici obuke mogu da vežbaju složene procedure u okruženju bez rizika.

Audi – VR in Customer Experience

- Audi, uključujući i svoju e-tron liniju električnih vozila, koristi VR salone kako bi omogućio kupcima da istraže različite konfiguracije, simulacije testiranja vožnje i vide kako funkcionišu funkcije poput regenerativnog kočenja.
- Ovi uređaji se koriste u prodajnim salonima i na marketinškim događajima širom sveta.

DOBAVLJAČI SOFTVERA I PLATFORMI

Unity i Unreal Engine – simulacija električnih vozila

- Proizvođači automobila koriste gejmske endžine poput Unity i Unreal Engine za kreiranje simulacija vožnje električnih vozila i okruženja za obuku zasnovanih na virtuelnoj realnosti.
- Ove platforme podržavaju impresivne preglede dizajna, modeliranje dinamike vozila i vizuelizaciju performansi baterije.

Porsche & Holoride – VR u automobilu

- Porsche je sarađivao sa Holoride-om, kompanijom za VR zabavu, kako bi putnicima ponudio VR iskustva sinhronizovana sa kretanjem vozila u realnom vremenu u električnim vozilima.
- Sistem koristi telemetriju vozila (npr. ubrzanje, okretanje) kako bi smanjio mučninu prilikom kretanja i poboljšao impresiju za putnike na zadnjem sedištu.



AR/VR U OBUCI ZA BEZBEDNOST I HITNE SLUČAJEVE U EV

Jaguar Land Rover – Visokonaponski bezbednosni VR moduli za EV

- Jaguar Land Rover je razvio obuku za bezbednost u uslovima visokog napona zasnovanu na virtuelnoj realnosti za svoje tehničare i timove za hitne intervencije koji rade na modelima električnih vozila kao što je Jaguar I-PEJS.
- Ova obuka uključuje identifikaciju opasnosti, upotrebu lične zaštitne opreme i simulacije isključivanja u hitnim slučajevima.

Oblast primene	Tehnologija	Primer
Pomoć vozaču	AR	VW ID.4 – AR HUD za navigaciju i bezbednost
Iskustvo korisnika	VR	Audi e-tron – VR saloni i virtuelne test vožnje
Održavanje i obuka	AR/VR	Hyundai virtuelni vodič, fabrika BMV-a VR obuka
Dizajn i izrada prototipova	VR	Ford Mustang Mach-E – VR validacija dizajna
Zabava/Infotejment	VR	Porsche + Holoride – VR za putnike na zadnjim sedištima





REFERENCE

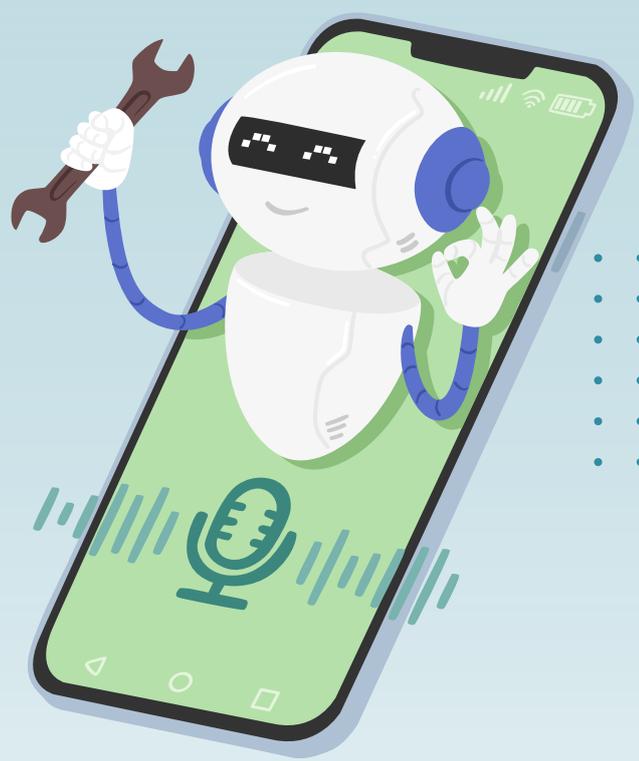
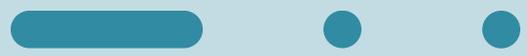
1. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/12/4259>
2. IEA (2025), IEA, Paris <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>
3. IEA (2025), Global electric car sales, 2014-2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-sales-2014-2024>, Licence: CC BY 4.0
4. U.S. Department of Transportation <https://www.transportation.gov/rural/ev/toolkit/ev-basics/charging-speeds>
5. <https://www.linkedin.com/pulse/types-charging-stations-exploring-level-1-2-dc-fast-chargers>
6. EVESCO <https://www.power-sonic.com/blog/ev-charging-connector-types/>
7. <https://www.virta.global/vehicle-to-grid-v2g>
8. Husain, I. (2011). Electric and Hybrid Vehicles: Design Fundamentals. CRC Press.
9. Larminie, J., & Lowry, J. (2012). Electric Vehicle Technology Explained. Wiley.
10. Chan, C.C. (2007). The State of the Art of Electric, Hybrid, and Fuel Cell Vehicles. Proceedings of the IEEE.
11. <https://www.tesla.com>
12. <https://www.bmw.com>
13. <https://www.nissan-global.com>
14. <https://www.audi.com>
15. <https://www.researchgate.net> – научни статии за управление на електрически задвижвания
16. <https://www.sciencedirect.com>





POGLAVLJE-3

POGONSKI SKLOP ELEKTRIČNIH VOZILA



Osnove sistema upravljanja, vešanja i kočenja

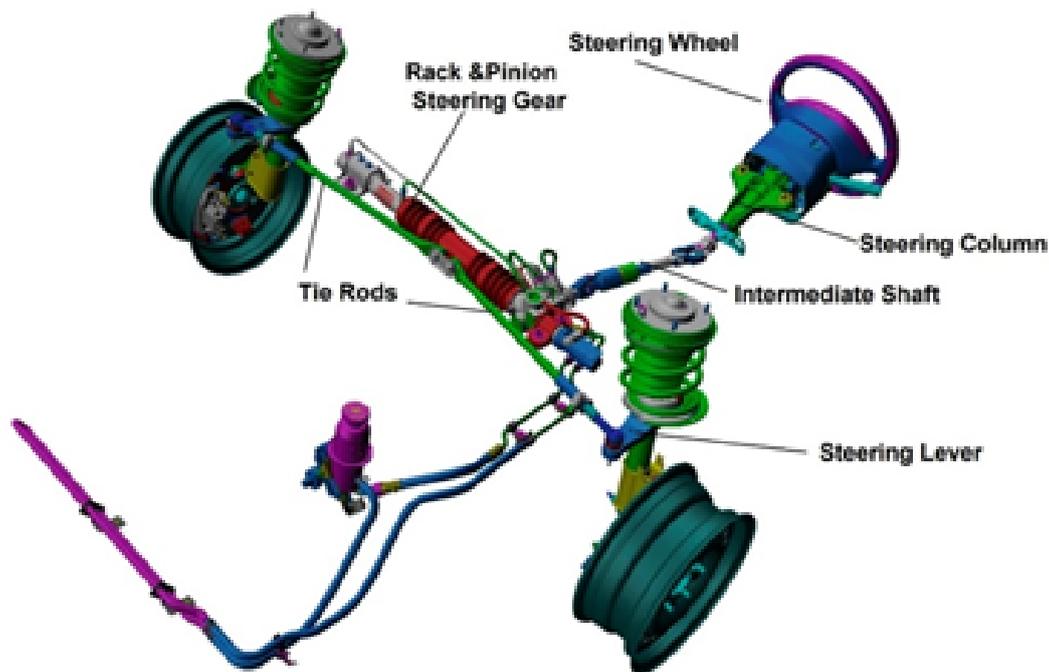
Automobili su složene mašine dizajnirane za efikasan, udoban i bezbedan prevoz ljudi i robe. U srži rada automobila nalaze se različiti međusobno povezani podsistemi, od kojih svaki igra ključnu ulogu u osiguravanju da vozilo obavlja svoju predviđenu funkciju. Dobro integrisan dizajn vozila osigurava da ovi podsistemi besprekorno rade zajedno, pružajući vozačima glatko i kontrolisano iskustvo vožnje. Ovi podsistemi se mogu široko kategorizovati na osnovu različitih operativnih aspekata kojima upravljaju.

Sistem upravljanja

Sistem upravljanja omogućava vozaču da kontroliše pravac kretanja vozila. Funkcionalan sistem upravljanja obezbeđuje bezbednost, upravljanje, upravljivost i udobnost tokom vožnje. Pojavom elektronskih sistema i tehnologije autonomne vožnje, sistemi upravljanja se razvijaju od čisto mehaničkih veza do inteligentnih kontrolnih modula. Tipičan sistem upravljanja sastoji se od nekoliko ključnih delova koji rade zajedno kako bi pretvorili vozačeve pokrete u kretanje točkova:

- **Upravljač (volan):** Interfejs između vozača i upravljačkog mehanizma.
- **Stub upravljača:** Osovina koja povezuje volan sa upravljačkim mehanizmom.
- **Upravljački mehanizam (letva volana):** Pretvara rotaciono kretanje upravljačkog stuba u bočno kretanje kako bi se okretali točkovi. Uobičajeni tipovi uključuju sisteme sa zupčanikom i letvom i sisteme sa recirkulišućim kuglicama.
- **Spone:** Povezuju upravljački mehanizam sa zglobovima upravljača, omogućavajući kontrolisano kretanje.
- **Zglobovi upravljača:** Tačke okretanja koje omogućavaju okretanje točkova levo ili desno.
- **Sistem servo upravljača:** Obezbeđuje hidrauličnu ili električnu pomoć kako bi se poboljšala preciznost i smanjio napor upravljanja.

Sistem upravljanja omogućava vozaču da vodi automobil duž željene putanje okretanjem prednjih točkova. Kada okrećete volan, on okreće stub upravljača, koji je povezan sa mehanizmom upravljanja (obično menjačem sa zupčanicom i letvom ili menjačem sa recirkulacionim kuglicama). Ovaj mehanizam pretvara rotaciju volana u translatorno kretanje, gurajući ili povlačeći spone pričvršćene za točkove. Točkovi se okreću oko zglobova, glatko menjajući smer na osnovu okretanja upravljača. Pravilno podešen sistem obezbeđuje stabilnost i preciznu kontrolu tokom vožnje.



Slika 1. Delovi sistema upravljanja -[Izvor](#)

Servo upravljač (hidraulični ili električni) pomaže vozaču u modernim automobilima, značajno smanjujući potreban fizički napor. Sistemi hidrauličnog servo upravljača (HPS) koriste pritisak tečnosti koji generiše pumpa (obično koju pokreće motor) kako bi pomogli upravljanju. Sistemi električnog servo upravljača (EPS) oslanjaju se na elektromotor kako bi pružili pomoć pri upravljanju i omogućili napredne funkcije poput pomoći pri održavanju trake.

Sistemi upravljanja zahtevaju redovne preglede kako bi se osigurala bezbednost i performanse. Rutinsko održavanje, kao što su reglaža točkova, provera nivoa tečnosti i blagovremena zamena istrošenih komponenti, može produžiti vek trajanja sistema. Uobičajeni problemi uključuju tvrdo upravljanje, što može ukazivati na nizak nivo tečnosti za upravljanje ili neispravnost pumpe u HPS-u ili kvar EPS motora; luft ili labavost upravljača, zbog istrošenih spojnica, upravljačkog mehanizma ili čaura; i vibracije volana, često zbog neuravnoteženih točkova ili istrošenih delova vešanja.

-
-
-
-
-
-
-



SISTEM VEŠANJA

Sistem vešanja pruža udobnost vožnje, stabilnost vozila i poboljšano upravljanje i kontrolu apsorbujući udarce od neravnina na putu i održavajući kontakt guma sa tлом (posebno tokom skretanja, kočenja ili ubrzanja). Dobro dizajniran sistem vešanja posreduje između karoserije automobila i puta i ključan je za bezbednost, udobnost i performanse vozila. Kako se automobilska tehnologija razvija, sistemi vešanja postaju inteligentniji i prilagodljiviji. Tipičan sistem vešanja sastoji se od nekoliko bitnih delova:

Opruge: Podržavaju težinu vozila i apsorbuju i raspoređuju energiju od neravnina i rupa. Uobičajeni tipovi uključuju: spiralne opruge, lisnate opruge, torzione šipke i vazdušne opruge (videti sliku ispod)

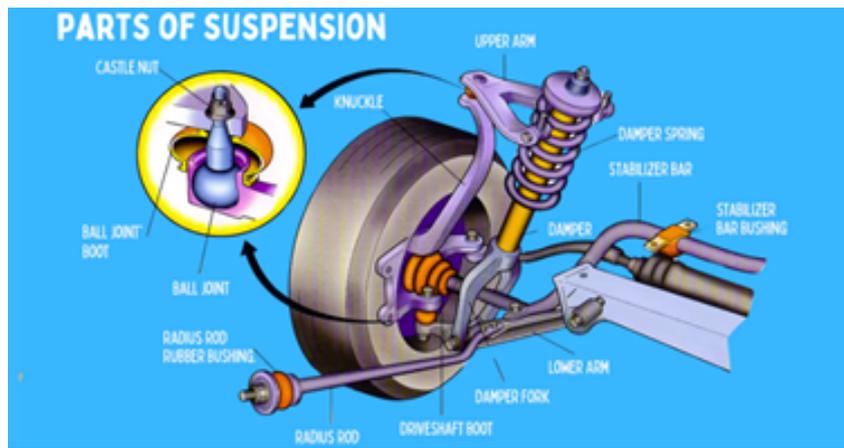
Prigušivači: Kontrolišite odskok i kompresiju opruga kako biste sprečili prekomerno odskakanje.

Amortizeri: Strukturna komponenta koja kombinuje spiralnu oprugu i amortizer u jednoj jedinici (videti sliku ispod).

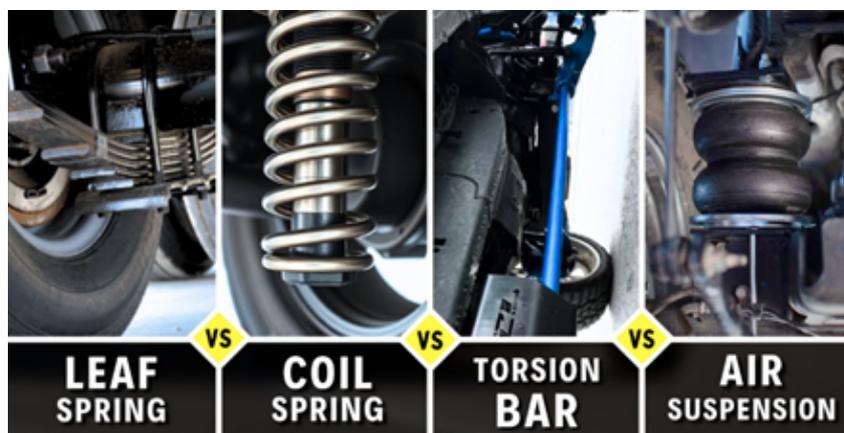
- **Ramena (viljuške):** Povezuje točkove sa šasijom, omogućavajući kretanje gore-dole.
- **Kuglični zglobovi i čaure:** Fleksibilni zglobovi koji omogućavaju kontrolisano kretanje komponenti vešanja. Oni smanjuju trenje i buku između metalnih delova.
- **Stabilizatori (protiv prevrtanja):** Smanjuju naginjanje karoserije tokom skretanja radi bolje stabilnosti.

Moderni sistemi vešanja postaju sve sofisticiraniji, sposobni da podešavaju krutost i prigušenje u realnom vremenu radi optimalnih performansi. Neki od skorašnjih inovacija uključuju adaptivno ili aktivno vešanje, koje podešava silu prigušenja u realnom vremenu na osnovu uslova vožnje, i korišćenje senzora i aktuatora za kontrolu vertikalnog kretanja točkova i osovina vozila u odnosu na šasiju.





Slika 2. Delovi sistema vešanja - [Izvor](#)



Slika 3. Tipovi opruga



Slika 4. Amortizer - [Izvor](#)



Sistemi vešanja automobila mogu se grubo podeliti u dve vrste:

1. **Zavisno (čvrsto) vešanje** – Kruta osovina povezuje točkove. Kretanje jednog točka utiče na drugi. Ovaj tip je uobičajen kod kamiona, terenskih vozila i starijih vozila. Pruža izdržljivost, ali sa manjom udobnošću i preciznošću upravljanja.
2. **Nezavisno vešanje** – Svaki točak se kreće nezavisno, pružajući bolje upravljanje i udobnost. S druge strane, složeniji su i skuplji za popravku. Ova vrsta vešanja je uobičajena kod modernih putničkih automobila. Primeri nezavisnog vešanja su Makferson (kombinuje amortizer i spiralnu oprugu u jednu jedinicu; kompaktan i isplativ) i dvostruki višasti sistem (koristi dva kontrolna kraka za držanje točka; nudi bolju kontrolu, ali je skup, koristi se u sportskim automobilima).



Slika 5. MacPherson amortizer i dvostruki viljak

Redovne provere amortizera, čaura i poravnanja osiguravaju da sistem funkcioniše pravilno i bezbedno. Neispravan sistem vešanja može dovesti do: neravnomernog habanja guma, prekomernog odbijanja ili naginjanja nosa vozila, nestabilnosti upravljača i škripanja ili kucanja.

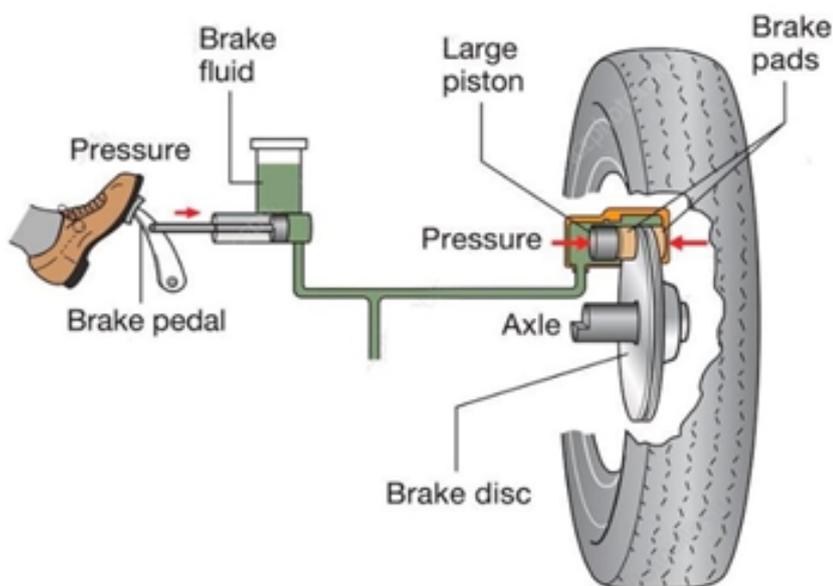
KOČIONI SISTEM

Kočioni sistem je jedna od najvažnijih bezbednosnih komponenti vozila. On obezbeđuje da automobil može bezbedno i efikasno da uspori ili zaustavi pretvaranjem kinetičke energije u toplotu. To se obično postiže trenjem, mada moderni sistemi mogu da uključuju hidraulične ili elektronske komponente. Pravilno funkcionišući kočioni sistem obezbeđuje bezbednost vozača, putnika i pešaka, pruža kontrolu u vanrednim situacijama i poboljšava upravljanje vozilom u različitim uslovima na putu. Zato su redovne provere kočnica neophodne. Kočioni sistem obično uključuje:



- **Pedalu kočnice:** Omogućava vozaču da započne kočenje.
- **Glavni cilindar:** Pretvara silu pedale u hidraulični pritisak
- **Kočione cevi i creva:** Cevi koje prenose kočionu tečnost od glavnog kočionog cilindra do kočionih čeljusti ili doboša svakog točka, prenoseći pritisak na kočnice.
- **Disk ili doboš kočnice:** Stvaraju trenje da bi usporili točkove.
- **Sistem protiv blokiranja točkova (ABS):** Ovaj sistem sprečava blokiranje točkova tokom naglog kočenja brzim pulsiranjem kočnica, omogućavajući vozaču da zadrži kontrolu nad vozilom.

Kada vozač pritisne pedalu kočnice, glavni kočioni cilindar pretvara ovu silu u hidraulični pritisak. Kočiona tečnost teče kroz vodove do kočionih čeljusti, koje pritiskaju kočione pločice na diskove (oni se okreću zajedno sa točkovima), stvarajući trenje. Na ovaj način, točkovi usporavaju i vozilo se zaustavlja. Senzori prate brzinu točkova u automobilima sa sistemom protiv blokiranja kočnica (ABS). Ako se točak blokira, ABS koristi kočnice da bi održao prijanjanje. U modernim vozilima možemo videti i nove tendencije u sistemima kočenja, kao što je tehnologija „brake-by-wire“ koja koristi elektronske kontrole umesto hidrauličnih sistema, ili regenerativne kočnice u hibridnim i električnim vozilima koje ponovo pretvaraju kinetičku u električnu energiju.



Slika 6. Delovi kočionog sistema - [Izvor](#)





PRIMERI MEHANIČKO-ELEKTRIČNE INTEGRACIJE ZA EV

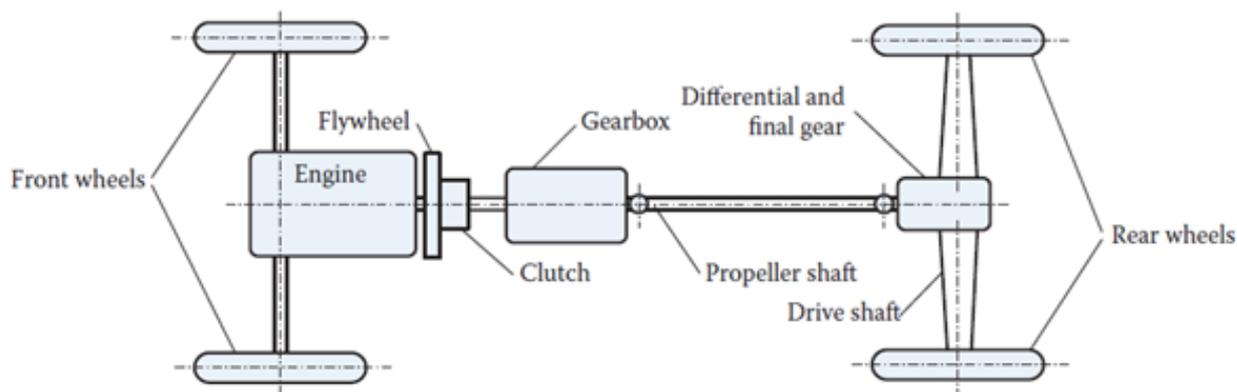
Inovativni principi u automobilskoj industriji doveli su do prelaska sa motora sa unutrašnjim sagorevanjem (MUS) na električna vozila (EV). Dok su tradicionalna vozila dominantno mehanički sistemi, EV sadrže podsisteme koji se oslanjaju na sinergiju između mehaničkih komponenti, kao što su šasija, pogonski sklop, termički sistemi i električni elementi, kao što su baterije, motori, energetska elektronika itd. Ova kombinacija integriše ova dva podsistema kako bi se dobile efikasnije, bezbednije i optimizovane komponente, smanjujući prostor i težinu, pozitivno utičući na složenost konstrukcije i montaže.

Jedna od ključnih komponenti u mehaničko-električnoj integraciji su baterijski paketi, koji se koriste za skladištenje električne energije, a predstavljaju najznačajnije i najteže elemente svakog EV. Integracija se ogleda u montiranju baterijskih modula kao strukturnog elementa šasije vozila, pružajući kompaktan proizvod koji doprinosi krutosti šasije. Još jedan deo EV je elektromotor koji zamenjuje MUS u tradicionalnim vozilima. Integracija se uglavnom odnosi na sintezu elektromotora sa menjačima i sistemima hlađenja, obezbeđujući efikasnu potrošnju energije. Elektronski sistemi za napajanje, koji uključuju invertore, konvertore i kontrolne jedinice (CU), upravljaju protokom snage električnih vozila i obično su opremljeni elektromotorima u integrisanim pogonskim jedinicama. Zajedničke jedinice za hlađenje su takođe ugrađene u šasiju električnog vozila radi optimalnih radnih temperatura za baterije, motore i drugu elektroniku. Sistemi kočenja, gde se regenerativno kočenje koristi za ponovno hvatanje kinetičke energije, ilustruju sinergiju između mehaničkih kočnica i elektronskih sistema upravljanja električnim vozilima.

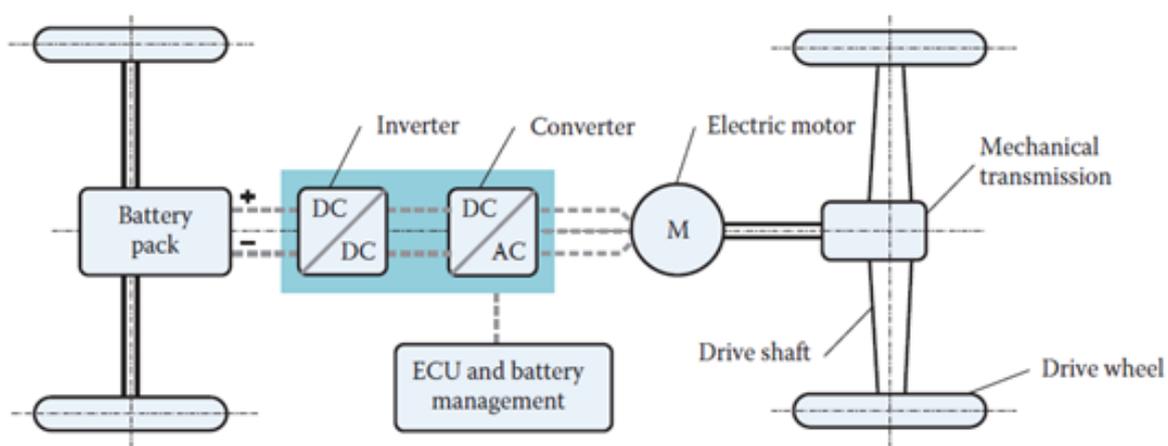
NIVIO INTEGRACIJE I ARHITEKTURE

INTEGRACIJA NA NIVOU KOMPONENTI

Integracija na nivou komponenti zasniva se na redizajniranju pojedinačnih komponenti kako bi se dobili objedinjeni elementi električnog vozila za optimizovano fizičko i funkcionalno spajanje. Kod konvencionalnih motora sa unutrašnjim sagorevanjem, mehanička snaga motora se prenosi preko kvačila i kratkog vratila do menjača, koji isporučuje snagu diferencijalnim zupčanicima i pokreće točkove preko dva pogonska vratila (slika 7a). Kod električnih vozila, integracija na nivou komponenti kombinuje energetska elektroniku i elektromotore (slika 7b), gde se jednosmerna struja (DC) iz baterija pretvara u naizmeničnu struju (AC) za motore. Proizvedena mehanička energija se prenosi na pogonske točkove preko pogonskog vratila, pri čemu integrisani dizajn smanjuje složenost, minimizira prostor za instalaciju i pruža fleksibilnost. Invertor obezbeđuje pouzdano napajanje po potrebi putem elektronske kontrole motora.



Slika 7a: Konvencionalni automobil sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem



Slika 7b Konvencionalni električni automobil

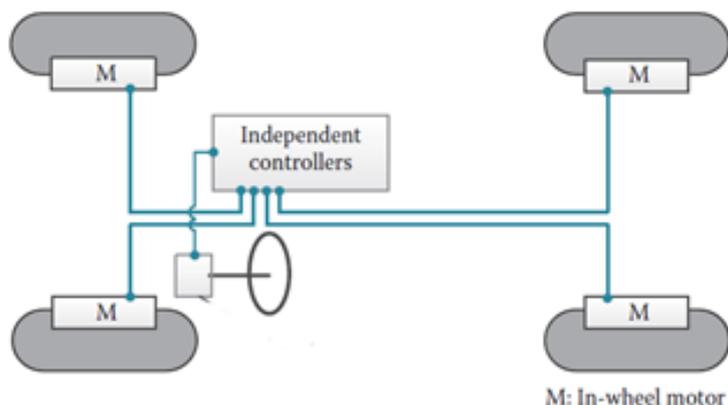
Primer je modul električnog pogona na slici 8, koji poboljšava gustinu energije i upravljanje toplotom, ali može povećati troškove popravke zbog modularnih dizajna koji zahtevaju potpunu demontažu za zamenu jednog elementa.



Slika 8 Modul električnog pogona – Bosch [Izvor](#)

PRIMER INTEGRACIJE PODSISTEMA

Ova integracija kombinuje više komponenti u pojedinačne funkcionalne jedinice, kao što su električne pogonske jedinice koje smeštaju motore, invertore i menjače u jednom sklopu. Primer je pogonski sklop sa motorom u točkovima, koji pojednostavljuje mehanički dizajn električnih vozila. Motori u točkovima mogu se koristiti u pogonima na prednje točkove, zadnje točkove ili sva četiri točka (slika 9), direktno pokrećući vozila uz istovremeno regenerativno kočenje. Prednosti uključuju fleksibilnu proizvodnju i visok obrtni moment za impresivno ubrzanje.



Slika 9: Motor u točku

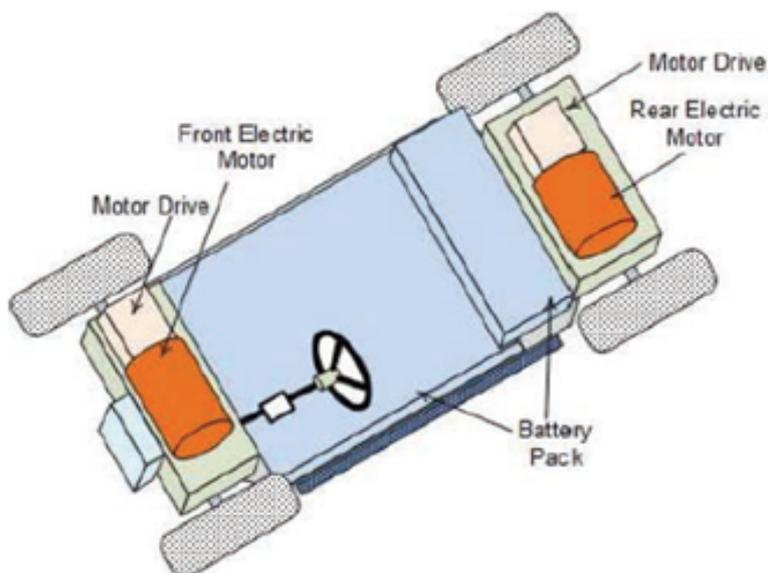
Modularni dizajni smanjuju složenost i omogućavaju prilagođavanje snage, obrtnog momenta i prostora za instalaciju. Bošov eAxle (slika 11) je kompaktan sistem koji se može koristiti u svim modelima električnih vozila.



Slika 11 Bošov eAxle sistem [Izvor](#)

STRUKTURNA INTEGRACIJA

Strukturalna integracija poboljšava krutost vozila i performanse pri sudaru ugrađivanjem komponenti poput baterija u šasiju. Jednostavnost električnog pogonskog sklopa dovela je do dizajna skejtbord šasije, gde su izvori energije i električni pogonski sklopovi zatvoreni unutar šasije (slika 12). Prvobitno implementiran od strane Dženeral motorsa 2002. godine (šasija AUTOnomy), ovaj koncept omogućava veću fleksibilnost, veći prostor za putnike i modularne platforme za različite tipove vozila.



Slika 12 Skejtbord šasija

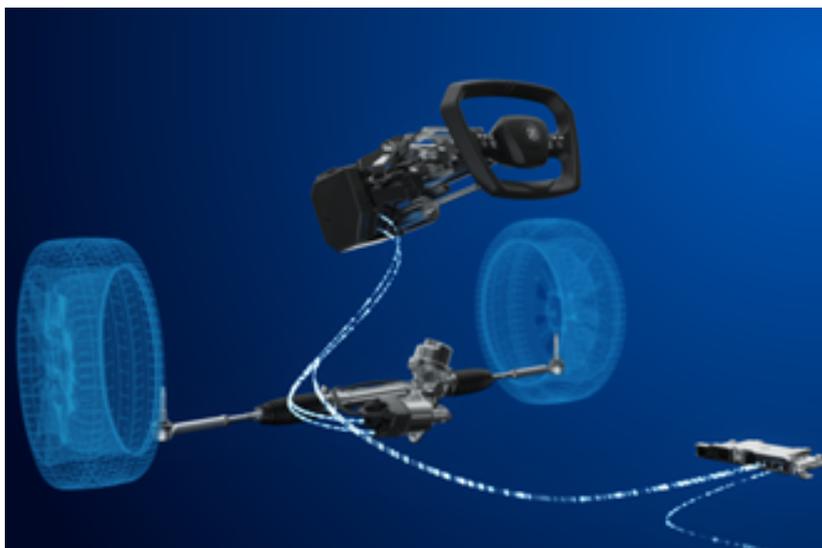
PRIMER "BY-WIRE" TEHNOLOGIJE

Konvencionalna vozila imaju pedale i volane koji prenose vozačeve komande na vozačke komponente vozila putem mehaničkih elemenata. Korišćenje elektronskih komponenti i elektromehaničkih aktuatora umesto mehaničkih i hidrauličnih komponenti u motorima sa unutrašnjim sagorevanjem poznato je kao "by-wire" tehnologija. Primeri "by-wire" tehnologija su "steer-by-wire" i "brake-by-wire".

"STEER-BY-WIRE"

Ova tehnologija koristi algoritme, elektroniku i aktuatore kako bi eliminisala mehaničke veze upravljača (vratilo upravljača, stub upravljača i reduktor). Bez fizičkih veza između volana i guma, kontroleri motora koriste senzore položaja i povratne informacije o faznoj struji za kontrolu izlaznog obrtnog momenta (slika 13).

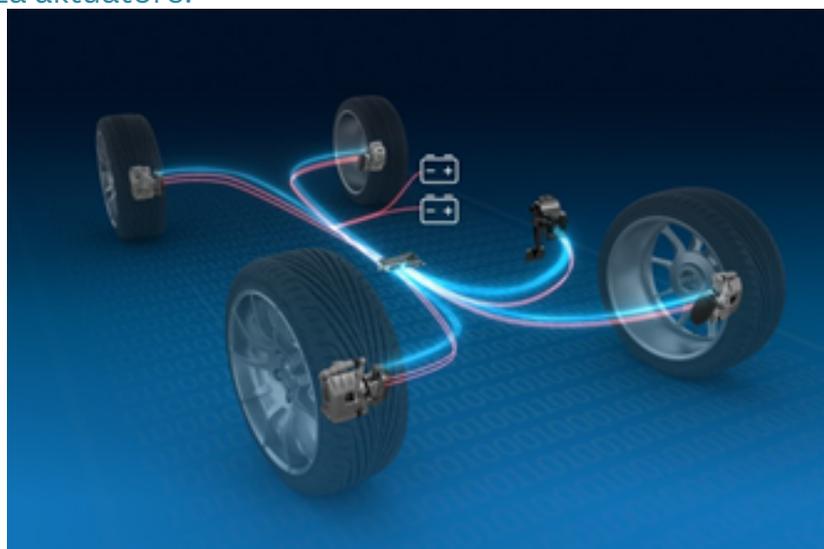




Slika 13 "Steer-by-wire" koncept [Izvor](#)

"BRAKE-BY-WIRE"

"Brake-by-wire" aktivira kočnice putem elektronskih kontrola i elektromehaničkih aktuatora, podržavajući sve konvencionalne funkcionalnosti hidrauličnih kočnica, a istovremeno nudi brži odziv, udobnije upravljanje, kao i olakšanu ugradnju i montažu (slika 14). Pojednostavljuje bezbednosne funkcije i poboljšava potrošnju goriva smanjenjem otpora. Eliminisanje hidrauličnih pumpi i kočione tečnosti povećava pouzdanost i način održavanja. Senzori sile procenjuju silu stezanja kočnice, a povratne informacije generišu komande obrtnog momenta elektromotora za aktuatora.



Slika14 "Brake-by-wire" [Izvor](#)



AR/VR SCENARIO OBUKE: SIMULACIJA KVARA KOČIONOG SISTEMA I TOK POPRAVKE

UVOD

Kako električna vozila postaju sve sofisticiranija, mogućnost obuke tehničara za dijagnostiku i popravke postaje ključna. Tradicionalna praktična obuka je ograničena troškovima, bezbednošću i pristupom stvarnim sistemima koji ne rade ispravno. AR i VR nude impresivna, interaktivna okruženja za obuku gde studenti i profesionalci mogu da se uključe u realistične simulacije scenarija otkaza. Ovaj odeljak se fokusira na razvoj i pedagošku vrednost AR/VR scenarija obuke usmerenog na otkaz kočionog sistema u električnim vozilima.

PREGLED SCENARIJA

Sledeći scenario stavlja polaznika u veoma detaljnu virtuelnu radionicu koja odražava profesionalni servisni prostor za električna vozila. Šasija električnog vozila u punoj veličini je okačena na programabilnom liftu, okružena raznim dijagnostičkim instrumentima, digitalnim multimetrima i analitikom sistema uživo projektovanom na ekranima postavljenim na zid. Korisnici virtuelne stvarnosti (VR) se kreću prostorom noseći slušalice, dok korisnici proširene stvarnosti (AR) koriste tablete ili pametne naočare da bi pokrili interaktivne slojeve na fizičkim komponentama kočnica.



Slika 15. Korisnici VR-a se kreću kroz prostor noseći slušalice





Na početku, korisnici prate kako sistem upravljanja vozilom prikazuje niz kodova grešaka putem simuliranog OBD-II interfejsa (ističući anomalije u performansama sistema “brake-by-wire”). Indikatori upozorenja, poput trepćuće ABS ikone i merača rekuperacije energije u boji, skreću pažnju na osnovni kvar: nepravilan izlaz regenerativnog kočenja. Detaljni telemetrijski grafikoni mogu prikazati, na primer, hidraulični pritisak i nedosledne komande obrtnog momenta motora, dok vremenski označeni zapisi mogu ukazati na stalni pad rekuperovanih kilovat-sati tokom testova usporavanja.

Studenti će zatim imati zadatak da aktiviraju virtuelni alat za skeniranje, dodirnu ikone da bi preuzeli opise grešaka i pristupili podacima senzora uživo. Mogu pauzirati simulaciju da bi pregledali grafikone performansi ili detaljno analizirati sirove CAN bus poruke radi uvida u nepravilnosti u modulaciji širine impulsa i pogrešne brojeve enkodera. Nakon što se prikupe dijagnostički podaci, korisnici fizički ili virtuelno interaguju sa sklopom aktuatora kočnice, primenjujući kontrole zasnovane na pokretima da bi otvorili kućište i pregledali pojedinačne delove.

TOK POPRAVKE U SIMULACIJI

Simulacija toka procesa popravke treba da uključuje sledeće korake:

1. Početna dijagnostika

Skenirajte sistem pomoću virtuelnog dijagnostičkog tableta:

- Uključite tablet i izaberite profil „Podsistem kočnica“.
- Pogledajte tokove podataka uživo za hidraulični pritisak, struju motora aktuatora i napon senzora.
- Koristite kontrole pokretima ili ekran osetljiv na dodir da biste zadržali određene skupove podataka radi detaljnijeg pregleda.

Preuzmite kodove grešaka vezane za aktiviranje kočnica i senzore pritiska:

- Otvorite meni „Kodovi grešaka“ da biste naveli aktivne greške (npr. C1215: Greška povratne sprege aktuatora; C1382: Neusklađenost senzora pritiska).
- Dodirnite svaki kod da biste pročitali detaljne opise i moguće uzroke.
- Pristupite predloženim koracima za rešavanje problema povezanim sa svakim kodom greške.





Slika 16. Preuzimanje kodova grešaka

Pregledajte istorijske evidencije performansi i anomalije senzora:

- Idite do odeljka „Evidencije performansi“ da biste prikazali grafikone sa vremenskim oznakama pritiska u kočionim vodovima u odnosu na brzinu vozila tokom poslednjih 100 km.
- Identifikujte istaknute markere anomalija gde vrednosti prelaze definisane pragove tolerancije.
- Pregledajte podatke da biste povezali padove ili skokove pritiska sa odgovarajućim upozorenjima ABS-a i odstupanjima komande obrtnog momenta.

1. Inspekcija komponenti

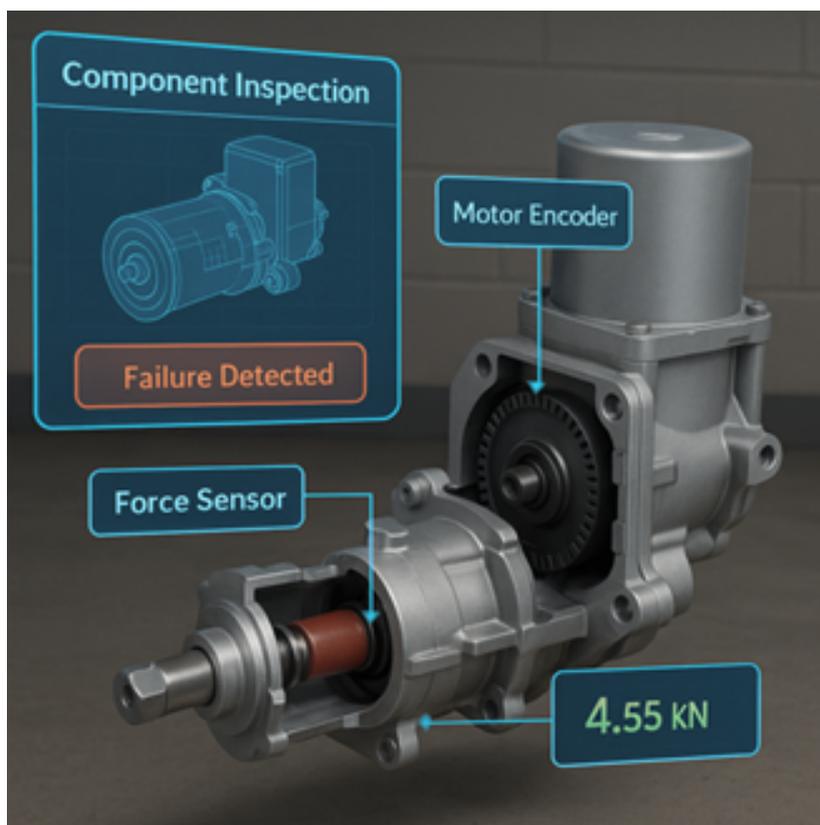
Interaktivno rastavite aktuator kočnice u simulaciji:

- Aktivirajte alat za virtuelno odvajanje da biste otključali montažne vijke i uklonili poklopac aktuatora.
- Koristite praćenje ruke ili tastere kontrolera da biste izvukli sklop aktuatora, otkrivajući unutrašnje zupčanike i elektroniku.
- Postavite komponente na virtuelni radni sto za pregled.

Pregledajte i testirajte senzore (npr. senzore sile, enkodere motora):

- Izaberite svaki senzorski modul da biste pokrenuli ugrađene dijagnostičke rutine (npr. test kalibracije senzora sile, proveru integriteta signala enkodera).
- Posmatrajte očitavanja uživo, kao što su vrednosti sile u Njutnima i broj impulsa enkodera, i uporedite ih sa nominalnim opsezima.
- Označite svaki senzor koji pokazuje nepravilno ponašanje ili izlaze van specifikacija za dalju analizu.





Slika 17. Pokretanje ugrađenih dijagnostičkih rutina

Koristite AR prikaze za pregled tačaka podataka i lokacija kvarova:

- Aktivirajte AR-režim da biste direktno prikazali toplotne mape na kućište aktuatora, ukazujući na termičke vruće tačke.
- Prikažite oznake senzorskih čvorova u boji, prikazujući poslednje poznate vrednosti napona/struje i istorije kvarova.
- Prebacujte se između režima prikaza (napon, temperatura, amplituda vibracija) da biste tačno odredili mesta kvarova.

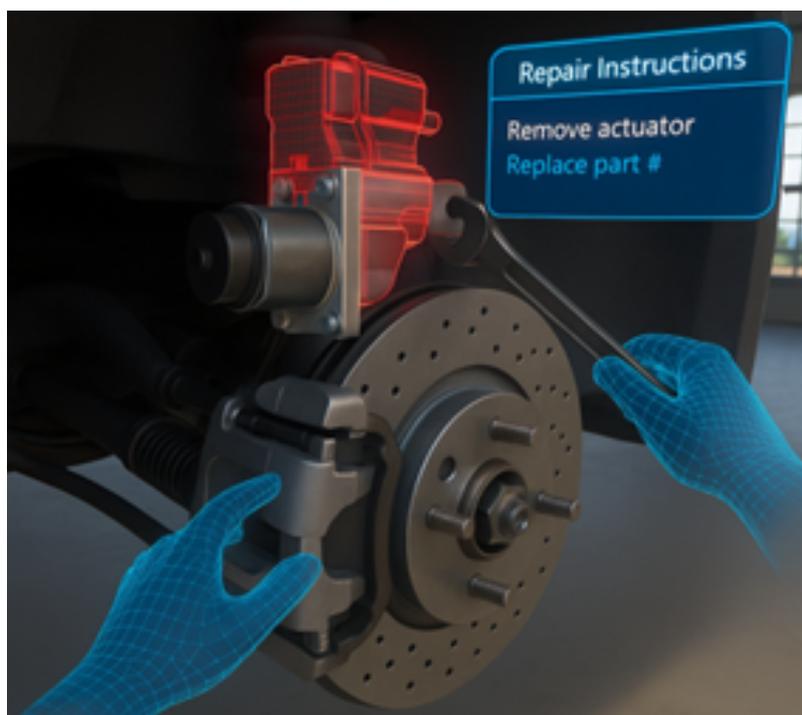
1. Popravka i zamena

Uklonite i virtuelno zamenite neispravni aktuator ili senzor:

- Odvojte neispravni aktuator/senzor sa njegovog nosača pomoću virtuelnog alata.
- Izvadite rezervni deo iz digitalne kutije za delove i poravnajte ga sa tačkama montaže.

Pričvrstite novu komponentu, zatežući montažne vijke na navedene vrednosti.





Slika 18. Virtuelna zamena neispravnog aktuatora

Ponovo kalibrišite kontrolnu jedinicu koristeći simulirane softverske alate:

- Pokrenite interfejs za kalibraciju na virtuelnom dijagnostičkom tabletu.
- Pokrenite rutinu „Nulta tačka aktuatora kočnice“ da biste resetovali pozicije.
- Podesite pragove pritiska i pojačanja povratne sprege prema specifikacijama proizvođača.
- Sačuvajte i proverite parametre kalibracije nakon izvršenih testova.

Ažurirajte sistemski firmver ako je potrebno:

- Pristupite „Firmware Manager“-u u meniju simulacije.
- Otpremite najnoviju verziju firmvera i pokrenite proces ažuriranja.
- Pratite proces ažuriranja i logove kako biste osigurali uspešno instaliranje bez grešaka.
- Izvršite ponovno pokretanje kontrolne jedinice i potvrdite da se verzija firmvera podudara sa ažuriranom.



1. Validacija

Sprovedite virtuelni test na putu (npr. gradska ruta sa saobraćajem sa čestim zaustavljanjima i kretanjima):

- Izaberite scenario „Gradska vožnja“ iz menija simulacije.
- Krećite se kroz raskrsnice, saobraćajne signale i pešačke prelaze.
- Izvršite višestruka kočenja pri različitim brzinama i uslovima na putu (mokro, suvo, uzbrdo).



Slika 19. Sprovođenje virtuelnog testa vožnje

Praćenje telemetrije u realnom vremenu: pritisak u kočnicama, vreme odziva aktuatora, ponašanje ABS-a:

- Prikažite telemetrijsku kontrolnu tablu koja prikazuje krive pritiska u kočionim vodovima uživo i grafikone položaja aktuatora.
- Posmatrajte indikatore aktivacije ABS-a i frekvencije impulsa tokom hitnih kočenja.
- Pratite kašnjenje odziva između aktiviranja pedale i pokreta aktuatora kako biste dobili željene performanse.

Prođite kontrolnu listu bezbednosti pre završetka simulacije:

- Proverite da li su svi dijagnostički kodovi grešaka obrisani.
- Potvrdite da su izmereni pritisak u kočnicama i vreme odziva aktuatora unutar određenih tolerancija.
- Proverite da li se ABS aktivira samo pod graničnim uslovima i da li blokira točkove.





CILJEVI UČENJA

Razumeti funkcionalnost sistema kočenja “brake-by-wire” i regenerativnog kočenja:

- Objasnite principe elektronskog aktiviranja pedala, obrade signala i mehanike aktuatora.
- Opišite kako se regenerativno kočenje integriše sa konvencionalnim kočenjem kako bi se maksimizirala rekuperacija energije i održala bezbednost.
- Uporedite različite arhitekture kočenja električnih vozila, uključujući strategije regeneracije sa jednim i sa dva motora.

Dijagnostikujte kvar koristeći digitalne alate i povratne informacije sistema:

- Koristi virtuelne dijagnostičke tablete za preuzimanje i tumačenje grešaka, praćenje senzora i grafikona performansi.
- Povežite kodove grešaka sa telemetrijom u realnom vremenu, kao što su krive pritiska, skokovi struje motora i događaji aktiviranja ABS-a.
- Koristite evidenciju istorijskih podataka za identifikaciju povremenih kvarova i anomalija u performansama kočenja.

Primenite proceduralne korake za zamenu i kalibraciju komponenti kočnica električnih vozila:

- Pratite protokole bezbedne demontaže u proširenoj ili virtuelnoj stvarnosti, uključujući pravilan izbor alata i specifikacije obrtnog momenta.
- Izvršite procedure zamene aktuatora i senzora, osiguravajući precizno poravnanje delova i električnih kablova.
- Uradite kalibraciju, rutine ispuštanja pritiska i konfiguraciju kontrolne jedinice putem simuliranih softverskih interfejsa.

Procenite efikasnost popravke putem validacije zasnovane na podacima:

- Sprovesti virtuelne testove na putu u različitim scenarijima (gradska vožnja sa stalnim zaustavljanjem i kretanjem, kočenje velikom brzinom) radi merenja rezultata. . .
- Analizirati ključne indikatore učinka: konzistentnost pritiska u kočionim vodovima, latenciju odziva aktuatora i procenite regenerisane energije. . .
- Dokumentovati rezultate u elektronskoj evidenciji, upoređujući podatke pre i posle popravke kako bi se potvrdilo vraćanje parametara sistema na prethodne vrednosti u okviru tolerancija. . .



STUDIJE SLUČAJEVA IZ STVARNOG SVETA

SLUČAJ KVARA EV 1: KVAR SISTEMA ZA UPRAVLJANJE TEMPERATUROM BATERIJE

1. Opis kvara

Električno vozilo prikazuje upozorenje na kontrolnoj tabli: „Temperatura baterije je previsoka. Aktiviran je režim smanjene snage.“ Vozač izveštava da se upozorenje pojavljuje nakon 20–30 minuta vožnje. Doživljava naglo smanjenje ubrzanja vozila, a ventilator za hlađenje radi kontinuirano bez isključivanja.

2. Početni pregled

Serviser pregleda rezervoar rashladne tečnosti da bi proverio ispravan nivo tečnosti i traži curenja ili pukotine u cevima rashladne tečnosti oko baterije. Osluškuj rad ventilatora i neobične zvukove. Zatim koristi dijagnostički alat da proveriti dijagnostičke kodove grešaka (DTC). Uobičajeni DTC-ovi za ovaj problem trebalo bi da budu POA82: Performanse sistema za hlađenje baterije, POA80: Zamena hibridne baterije ili U0293: Izgubljena komunikacija sa modulom za upravljanje hibridnom/električnom baterijom.

3. Detaljan dijagnostički postupak

Serviser se povezuje sa elektronskom kontrolnom jedinicom (ECU) vozila i evidentira DTC-ove kako bi pratio podatke u realnom vremenu o temperaturi ćelija baterije i statusu pumpe rashladne tečnosti. Zatim proverava funkciju pumpe rashladne tečnosti. Ako se ne aktivira, trebalo bi da proveriti napon i otpor konektora pumpe. Sledeći korak je pregled senzora temperature rashladne tečnosti i korišćenje termalne kamere za traženje vrućih tačaka u modulima baterije.

4. Identifikovan osnovni uzrok

Pretpostavimo da je serviser utvrdio kvar: pumpa za rashladnu tečnost je otkazala zbog unutrašnjeg kratkog spoja, što je sprečilo cirkulaciju rashladne tečnosti kroz bateriju i dovelo do pregrevanja.

5. Korektivne mere

Pokvareni deo treba zameniti. Neispravnu pumpu za rashladnu tečnost treba ukloniti isključivanjem, ispuštanjem rashladne tečnosti i uklanjanjem vodova i konektora. Zatim, treba instalirati novu pumpu za rashladnu tečnost ponovnim povezivanjem creva i ožičenja i ponovnim punjenjem sistema rashladne tečnosti. Ovo osigurava da u sistemu ne ostanu vazdušni džepovi. Na kraju, serviser treba da obriše DTC-ove, testira pumpu pomoću alata za skeniranje i proveriti protok rashladne tečnosti i stabilnu temperaturu baterije pod opterećenjem.



6. Testiranje nakon popravke

Na kraju, serviser vrši test vožnje sa evidentiranjem temperature u realnom vremenu kako bi se osigurao da se ponovo ne pojavljuju upozoravajuće poruke ili DTC-ovi. Nakon toga proverava ispravno ponašanje ventilatora i nivo rashladne tečnosti i potvrđuje da su performanse vozila vraćene u normalan režim.

7. Primopredaja i izveštavanje kupcu

Serviser objašnjava uzrok kvara i korake popravke klijentu i daje preventivne savete, kao što su redovni intervali provere rashladne tečnosti.

Sažetak – Opis koraka

- Greška: Upozorenje o temperaturi baterije, smanjene performanse
- Početno: Vizuelna provera, skeniranje DTC-a
- Dijagnoza: Pumpa za rashladnu tečnost ne reaguje
- Uzrok: Unutrašnji električni kvar u pumpi
- Radnja: Zamena pumpe, dopunjavanje rashladne tečnosti
- Test: Test vožnje, monitoring podataka
- Zatvaranje: Objasnjeno kupcu, dokumentacija

SLUČAJ KVARA ELEKTRIČNOG VOZILA 2: KVAR KOČIONOG SISTEMA

1. Opis greške

Vozač primećuje da vozilo ne usporava kako se očekuje kada otpusti papučicu gasa i da je usporavanje smanjeno, iako je položaj pedale kočnice dobar. Ikona regenerativnog kočenja ne svetli na instrument tabli, a ekran protoka energije pokazuje da se manje energije vraća u bateriju.

2. Početni pregled

Serviser vrši vizuelne preglede senzora brzine točkova i proverava da li postoje upozoravajuća svetla (ABS, ESC, kočioni sistem). Zatim, pregleda ožičenje senzora položaja papučice kočnice i proverava nivo napunjenosti baterije jer je regenerativno kočenje ograničeno kada je baterija skoro puna. Najvažnije je da u ovoj fazi koristi dijagnostički alat za proveru DTC-ova. Standardni kodovi u ovom slučaju mogu uključivati: C1234: Kvar senzora položaja papučice kočnice, P1C73: Regenerativno kočenje onemogućeno, U0401: Nevažeci podaci iz modula za upravljanje kočnicama i P0C79: Performanse invertora generatora.





3. Detaljna dijagnostička procedura

Serviser povezuje dijagnostički alat i očitava DTC kodove sa modula za upravljanje kočnicama i invertora. On prati podatke senzora položaja papučice kočnice i signal zahteva za regeneraciju. On vrši probnu vožnju sa povezanim dijagnostičkim alatom kako bi zabeležio status invertora, pratio vrednosti obrtnog momenta regeneracije i zabeležio signale senzora pritiska kočnice i papučice. Takođe pregleda i testira odgovor invertora i motor-generatora na komandu kočenja.

4. Identifikovan uzrok

Pretpostavimo da je serviser utvrdio kvar: senzor položaja papučice kočnice ne radi ispravno, šalje nedosledan ili nikakav signal zahteva za regeneraciju invertoru. Analogni izlazni napon senzora je van očekivanog opsega (npr. zaglavljnjen je na 0.2 V kada bi trebalo da varira između 0.5 V i 4.5 V).

5. Korektivne mere

Serviser treba da zameni pokvareni deo (senzor položaja papučice kočnice). Prvo, bezbedno odspoji 12V i HV sisteme, a zatim ukloni i zameni senzor položaja papučice kočnice. Zatim, proveriti i očisti konektor i kabl senzora i ponovo poveže i kalibriše senzor pomoću alata za skeniranje. Pored toga, trebalo bi da obriše DTC-ove, testira aktiviranje regenerativnog kočenja i pregleda komunikaciju sa drugim sistemima (npr. ABS, ESC).

6. Testiranje nakon popravke

Nakon korektivnih mera (zamena pokvarenog dela), serviser treba da izvrši test vožnju kako bi potvrdio pravilno usporavanje pri podizanju sa papučice gasa i potvrdio da se indikator regeneracije aktivira. Trebalo bi da koristi alat za skeniranje da prati obrtni moment regeneracije i protok energije do baterije i proveriti sistem da li ima ponavljajućih kvarova ili upozorenja.

7. Primopredaja i izveštavanje kupcu

Na kraju, serviser objašnjava klijentu funkciju regenerativnog kočenja i prirodu kvara. On daje preporuke nakon popravke, kao što je izbegavanje potpunog punjenja baterije kako bi se sačuvala dostupnost regenerativnog kočenja. Takođe ažurira dnevnik servisa i resetuje indikatore održavanja ako je potrebno.



Tabela sažetka - Opis koraka

- Greška: Regenerativno kočenje neaktivno, vozilo se kreće bez problema
- Početno: Vizuelna provera, skeniranje DTC-a, test senzora pedale
- Dijagnoza: Senzor pedale ne šalje zahtev za regeneraciju
- Uzrok: Neispravan senzor položaja pedale kočnice
- Radnja: Zamena senzora, kalibracija sistema
- Test: Praćenje obrtnog momenta regeneracije, test vožnje
- Zatvaranje: Objašnjenje popravke, ažuriranje zapisa

PRIMERI REŠAVANJA PROBLEMA

Izazov 1: Problem prenosnog odnosa

Pojašnjenje: U električnom vozilu, motor se često okreće veoma velikim brzinama, dok se točkovi okreću mnogo manjim brzinama. Brzina motora mora se smanjiti pomoću menjača kako bi EV radio efikasno i bezbedno. Ovaj izazov se fokusira na izračunavanje ispravnog prenosnog odnosa za sistem redukcije sa jednom brzinom i razumevanje njegovih efekata.

Podaci:

Parametar	Vrednost
Maksimalna brzina motora	12,000 RPM
Željena maksimalna brzina točka	1,200 RPM
Izlazni obrtni moment motora	250 Nm
Efikasnost menjača	95%
Prečnik točka	0.6 meters
Masa vozila	1,500 kg





Zadaci za učenike:

1. Izračunajte minimalni potreban prenosni odnos

Brzina motora: _____

Brzina točka: _____

Prenosni odnos = _____

2. Koliki je izlazni obrtni moment na točkovima?

Obrtni moment motora: _____

Prenosni odnos (iz P1): _____

Korisnost menjača: _____

Izlazni obrtni moment na točkovima = _____ Nm

3. Zašto je smanjenje brzine važno kod pogonskih sklopova električnih vozila?

Izaberite dva najbolja odgovora i objasnite:

A. Da bi se povećao obrtni moment na točkovima

B. Da bi se poboljšala temperatura motora

C. Da bi se obrtaji motora uskladili sa zahtevima točkova

D. Da bi se smanjio napon baterije

Odgovor: _____ i _____

Objašnjenje: _____



Izazov 2: Zujanje menjača

Pozadina: Buka menjača je posebno primetna kod električnih vozila zbog nedostatka maskiranja pomoću buke motora. Nakon integracije jednobrzinskog reduktora u prototip električnog vozila, inženjerski tim je primetio povećano zujanje pri velikoj brzini i vibracije koje su dostigle vrhunac oko 4000 obrtaja u minuti.

Podaci:

Parametar	Vrednost
Tip zupčanika	Zupčanici sa ravnim cilindarskim rezom
Maksimalni obrtaji motora	12,000 RPM
Željeni obrtaji točka	1,200 RPM
Izmereni vrh vibracija (Hz)	67 Hz
Kućište menjača	Kućište od livenog aluminijuma
Tip montaže menjača	Kruti okvir pričvršćen vijcima
Nivo buke u kabini pri brzini od 60 km/h	63 dB
Željeni nivo buke u kabini električnog automobila	≤ 58 dB





Zadaci za učenike:

4. Identifikujte dva verovatna mehanička uzroka primećenog cviljenja i vibracija. Koristite podatke iz gornje tabele da biste obrazložili svoj odgovor.

Odgovor 1: _____

Odgovor 2: _____

5. Procenite frekvenciju zahvata zupčanika

Pretpostavite: 1 zahvat zupčanika po obrtaju izlaznog vratila. Koristite brzinu motora i prenosni odnos menjača da biste pronašli frekvenciju zahvata u Hz.

- Broj obrtaja izlaznog vratila = _____

- Frekvencija zahvata = _____ Hz

Proračun:

6. Predložite jednu praktičnu promenu dizajna ili materijala kako bi se smanjila buka/vibracije.

Odgovor: _____

7. Zašto su problemi sa bukom/vibracijama primetniji kod električnih vozila nego kod vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem?

Odgovor: _____



Izazov 3: Nagli pad efikasnosti regeneracije

Pojašnjenje: Električna vozila koriste regenerativno kočenje za regeneraciju energije tokom usporavanja. Međutim, ponekad vozači prijave nagli pad energije koja se regeneriše. To može biti zbog temperature, stanja napunjenosti baterije (SOC) ili ograničenja u upravljanju motorom. U ovom izazovu, studenti će istražiti podatke i obrazložiti šta može izazvati pad efikasnosti regeneracije.

Podaci:

Parametar	Vrednost
Početno stanje napunjenosti baterije	92%
Temperatura baterije	44°C
Temperatura okoline	31°C
Efikasnost regeneracije juče	72%
Efikasnost regeneracije danas	35%
Pritisak na pedalu kočnice	Medium





Zadaci za učenike:

8. Kolika je procentualna promena efikasnosti regenerativnog kočenja?

Stara efikasnost regeneracije: _____

Nova efikasnost regeneracije: _____ Procentualna promena = _____ %

Koristite formulu:

Procentualna promena = $((\text{Stara} - \text{Nova}) / \text{Stara}) \times 100$

9. Koji je od sledećih najverovatniji uzrok pada efikasnosti?

- A. Hladna baterija
- B. Puna baterija (visok nivo napunjenosti)
- C. Nizak pritisak kočnice
- D. Kvar motora

Odgovor: _____

10. Kako bi se efikasnost regeneracije mogla poboljšati u ovom scenariju?

Navedite dva konkretna tehnička ili na upotrebi zasnovana predloga.

1. _____

2. _____





Ključni saveti za odgovore:

1. Izračunavanje prenosnog odnosa:

koristite formulu: $\text{Prenosni odnos} = \text{Brzina motora} / \text{Brzina točka}$

$\text{Prenosni odnos} = 12.000 / 1.200 = 10:1$

2. Izlazni obrtni moment na točkovima:

koristite formulu:

$\text{Izlazni obrtni moment} = \text{Obrtni moment motora} \times \text{Prenosni odnos} \times \text{Efikasnost menjača}$

$\text{Izlazni obrtni moment} = 250 \text{ Nm} \times 10 \times 0,95 = 2.375 \text{ Nm}$

3. Najbolji odgovori:

- A. Da bi se povećao obrtni moment na točkovima
- C. Da bi se uskladio broj obrtaja motora sa zahtevima točka

4. Verovatni mehanički uzroci:

- Loše zacepljenje zupčanika (npr., pravolinijski zupčanici su bučniji od spiralnih)
- Rezonancija od kruto montiranog menjača
- Nedostatak prigušenja vibracija u kućištu od livenog aluminijuma

5. Procena frekvencije zacepljenja zupčanika:

Dato:

- Obrtaji motora = 12.000
- Prenosni odnos = 10:1
- Izlazni obrtaji = $12.000 \div 10 = 1.200$ obrtaja u minuti
- $1.200 \text{ obrtaja u minuti} \div 60 = 20 \text{ obrtaja u sekundi} \rightarrow \text{Frekvencija zahvata zupčanika} \approx 20 \text{ Hz}$
- Harmonici mogu izazvati vrhove na 40 Hz, 60 Hz, itd.
- Vrh vibracije na 67 Hz može ukazivati na treći harmonik ili rezonancu kućišta.

6. Promene dizajna/materijala:

- Prelazak na spiralne zupčanike za tiši zahvat
- Korišćenje prigušenog ili kompozitnog kućišta menjača
- Dodavanje elastomernih (mekih) nosača za izolaciju

7. Buka/vibracije električnih vozila u odnosu na vozila sa motorom sa unutrašnjim snagama:

- Elektromotori su gotovo tihi, tako da se mehanički zvuci poput zujanja zupčanika više ističu u električnim vozilima nego u vozilima sa motorom sa unutrašnjim snagama, gde ih buka motora maskira.

8. Procentualna promena:

$((72 - 35) / 72) \times 100 \approx 51,39\% \text{ pad}$

9. Najbolji odgovor:

B. Puna baterija (visok nivo napunjenosti)

Objašnjenje: Kada je baterija skoro puna (iznad 90%), regenerativno kočenje je ograničeno kako bi se izbeglo prekomerno punjenje.

10. Predlozi mogu da uključuju:

- Prethodno kondicioniranje baterije na optimalnu temperaturu
- Izbegavanje pokretanja dugih spustova sa visokim nivoom napunjenosti
- Korišćenje kombinovanih tehnika kočenja koje daju prioritet regeneraciji





INTERAKTIVNI MODULI O PRENOSU KRETANJA I DINAMICI VOZILA

Električna vozila koriste fundamentalno drugačiju arhitekturu pogonskog sklopa od vozila sa motorom sa unutrašnjim sagorevanjem (ICE). Sa manje mehaničkih delova, ali većom integracijom između hardvera i softvera, razumevanje kako se obrtni moment generiše, kontroliše i prenosi na put postaje tehnički izazovno i obrazovno vredno. Ovaj proces prenosa kretanja snažno utiče na dinamiku vozila (kao što je ponašanje automobila tokom ubrzanja, kočenja i skretanja).

Ovaj odeljak opisuje potencijalna rešenja interaktivnih modula simulacije koji pomažu učenicima da vizuelizuju i manipulišu komponentama pogonskog sklopa i dinamičkim parametrima u virtuelnim okruženjima. Ovi moduli su definisani da repliciraju scenarije električnih vozila iz stvarnog sveta, omogućavajući eksperimentisanje sa varijablama koje bi bilo teško, opasno ili skupo fizički istražiti.

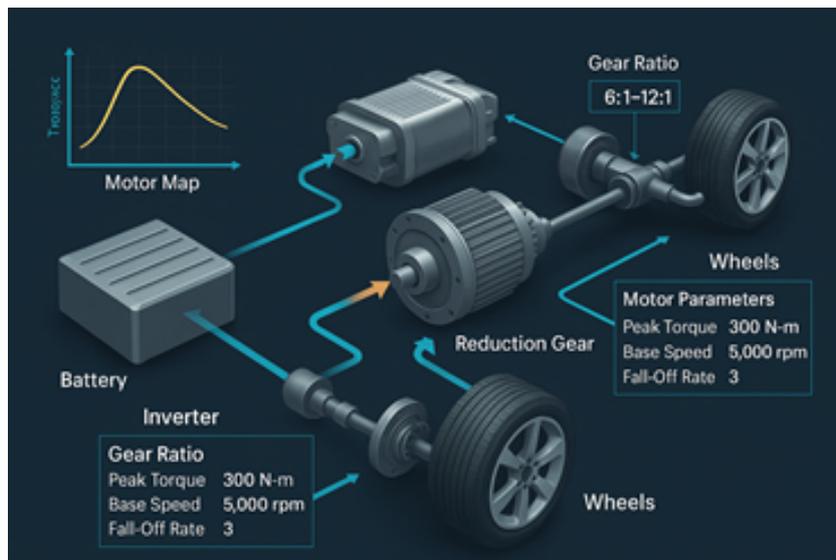
MODUL 1 - ISTRAŽIVANJE POGONSKOG SKLOPA

Ovaj modul upoznaje studente sa osnovnim konceptom prenosa snage sa baterije električnog vozila na točkove. Iako električna vozila obično nemaju složene višestepene menjače koji se nalaze u vozilima sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, ona zahtevaju precizno podešavanje karakteristika motora i prenosnih odnosa reduktora kako bi se postigle željene performanse i efikasnost. Modul omogućava polaznicima da vizuelizuju i manipulišu svakom fazom ovog procesa i procene rezultujući uticaj na ponašanje vozila u različitim uslovima vožnje.

Interaktivni dijagram toka energije

Dinamični, bojom kodirani dijagram sistema ispod prikazuje kompletan put energije: od pražnjenja baterije, preko invertora i motora, prolaska kroz reduktor i diferencijal, i konačno dostizanja pogonskih točkova. Vizuelni tok može biti dodatno animiran pulsirajućim strelicama koje odražavaju promenljive u realnom vremenu kao što su napon, obrtni moment i gubitak energije u svakoj fazi.





Slika 20. Interaktivni dijagram toka energije

Podesivi parametri motora

Studenti mogu konceptualno da modifikuju karakteristike motora kako bi videli kako se performanse menjaju. Podesiva polja uključuju:

- Vrhunski obrtni moment (npr. od 250 Nm do 500 Nm)
- Osnovna brzina (npr. od 4.000 do 7.000 obrtaja u minuti)
- Brzina pada obrtnog momenta iznad osnovne brzine. Ova podešavanja oblikuju krivu obrtnog momenta i ilustruju kompromise između izlazne snage i strategije upravljanja motorom.

Mape efikasnosti motora

Konceptualni 3D dijagram efikasnosti ispod pokazuje kako se performanse motora menjaju sa brzinom i obrtnim momentom. Korisnici mogu da istražuju radne zone i identifikuju regione vršne efikasnosti. Kako menjaju uslove opterećenja ili brzinu vozila, simulacija pomera otisak efikasnosti, pomažući studentima da razumeju kako navike vožnje utiču na potrošnju energije.

Slika 21 prikazuje simuliranu kontrolnu tablu električnog vozila koja prikazuje podatke u realnom vremenu o isporuci obrtnog momenta, izboru prenosnog odnosa, vremenu ubrzanja i potrošnji energije. Vizuelno predstavlja kako različita podešavanja pogonskog sklopa utiču na performanse vozila, pojačavajući interaktivne zadatke povezivanjem izbora konfiguracije sa merljivim rezultatima vožnje.





Slika 21. Simulirana kontrolna tabla električnog vozila

Zadaci i aktivnosti

Kao deo interaktivnog modula, studenti se bave različitim zadacima zasnovanim na simulacijama, osmišljenim da prodube njihovo razumevanje ponašanja pogonskog sklopa električnih vozila i kompromisa u performansama.

Prva aktivnost uključuje pokretanje simulacija ubrzanja od 0 do 100 km/h. Polaznici konfiguriraju različite prenosne odnose i podešavanja obrtnog momenta motora, a zatim analiziraju rezultate kao što su vreme ubrzanja, događaji proklizavanja točkova i potrošnja energije baterije.

Još jedna osnovna aktivnost uključuje procenu efikasnosti autoputa tokom simulirane vožnje od 10 kilometara konstantnom brzinom, kao što je 90 km/h. Studenti istražuju različite mape efikasnosti motora, birajući operative zone optimizovane za nisku potrošnju energije. Oni upoređuju ukupnu potrošnju energije u različitim konfiguracijama kako bi kvantifikovali uticaj podešavanja pogonskog sklopa na efikasnost vožnje na dugim relacijama.

Polaznici takođe vrše poređenja isporuke obrtnog momenta kako bi pojačali vezu između odluka o podešavanju i vožnje u stvarnom svetu. Sa omogućenim preklapanjem podataka u realnom vremenu, oni ispituju krive izlaznog obrtnog momenta pod različitim uslovima, kao što su gradski saobraćaj sa stalnim zaustavljanjima i kretanjem ili usponi uzbrdo. Ova vežba ističe kako ponašanje pogonskog sklopa utiče na odziv gasa i upravljanje vozilom.

Za napredne učenike, opcioni zadatak može da uključi praćenje termičkog opterećenja unutar motora i invertora. Ova aktivnost omogućava učenicima da vizuelizuju kako agresivni profili obrtnog momenta povećavaju zagrevanje komponenti.

MODUL 2 - SIMULATOR REGENERATIVNOG KOČENJA

Regenerativno kočenje igra ključnu ulogu u energetskej efikasnosti električnih vozila pretvaranjem dela kinetičke energije vozila nazad u električnu energiju tokom usporavanja. Međutim, postizanje optimalne ravnoteže između regeneracije i konvencionalnog frikcionog kočenja je neophodno za održavanje rekuperacije energije i bezbednosti vozila. Ovaj modul omogućava studentima da interaktivno podešavaju parametre regenerativnog kočenja u različitim uslovima vožnje i posmatraju kako ove promene utiču na performanse kočenja, stabilnost vozila i energetskej efikasnost.

Alati za simulaciju

Modul za simulaciju regenerativnog kočenja trebalo bi da ima korisnički interfejs koji omogućava učenicima da istražuju i manipulišu ključnim parametrima koji utiču na performanse kočenja i rekuperaciju energije. Jedna od osnovnih karakteristika je mogućnost podešavanja jačine i odnosa mešanja regenerativnog kočenja, što omogućava učenicima da kontrolišu koliko usporavanja obrađuje elektromotor u odnosu na konvencionalni hidraulični sistem kočenja.

Učenici takođe mogu da konfiguriraju pragove okidača, određujući položaj pedale ili brzinu usporavanja pri kojoj se regenerativno kočenje aktivira ili deaktivira. Ovo pomaže učenicima da razumeju kako podešavanje sistema utiče na glatkoću i brzinu odziva tokom realnih scenarija vožnje. Paralelno, prikazi telemetrije uživo prikazuju trenutne podatke o sili kočenja, ulazu napunjenosti baterije i brzini usporavanja, omogućavajući korisnicima da procene ponašanje sistema u realnom vremenu.

Slika 22 prikazuje simulirani interfejs modula za podešavanje regenerativnog kočenja, sa grafikonima telemetrije uživo za pritisak kočnice, rekuperaciju snage rekuperacije i aktivaciju ABS-a.



Slika 22. Simulirani interfejs modula za podešavanje regenerativnog kočenja

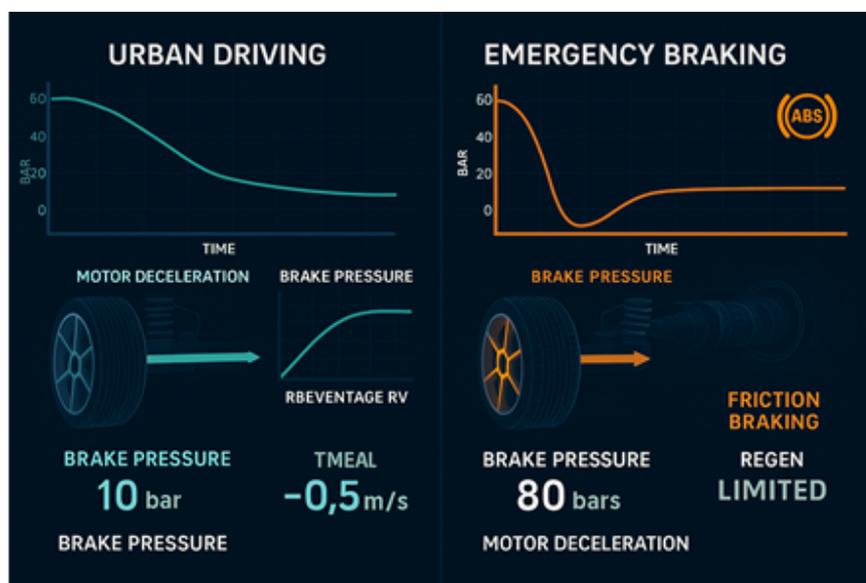
1. Simulacija gradske vožnje

Polaznik simulira 10-minutni gradski ciklus vožnje sa čestim zaustavljanjima, umerenim brzinama i promenljivim protokom saobraćaja. Cilj je maksimizirati oporavak energije uz očuvanje glatkog i predvidljivog iskustva kočenja. Polaznici podešavaju parametre mešanja i posmatraju uticaj na osećaj vožnje, dobitak regenerativnih kWh i kočioni put. Moraju identifikovati podešavanja koja nude visok povraćaj energije bez uvođenja grubosti ili nestabilnosti pri malim brzinama.

2. Scenario hitnog kočenja

Aktivira se hitno zaustavljanje velikom brzinom, simulirajući pešački prelaz ili iznenadno zaustavljanje saobraćaja. Polaznici imaju zadatak da podese prag isključivanja regeneracije kako bi osigurali da se frikzione kočnice aktiviraju dovoljno brzo kada regenerativno usporavanje dostigne svoju bezbednu fizičku granicu. Moraju izbeći blokiranje točkova i održavati stabilnost pravca koristeći grafikone koeficijenta proklizavanja uživo i povratne informacije ABS-a. Uspeh se meri zaustavnim putem i da li se sistemi regeneracije i frikcioni sistemi aktiviraju besprekorno i predvidljivo.

Slika 23 upoređuje dva scenarija kočenja (gradski i hitni), prikazujući razlike u ponašanju usporavanja, nivoima oporavka energije i odgovoru kočionog sistema.



Slika 23. Poređenje scenarija gradskog i naglog kočenja





MODUL 3 - AR/VR SCENARIJI

AR i VR tehnologije nude moćne alate za obuku u dinamici električnih vozila uranjajući učenike u realistična okruženja za vožnju. Za razliku od konvencionalnih simulacija na ekranima, AR/VR omogućava učenicima da dožive reakciju vozila iz perspektive vozača, osećajući svaki skretanje, kočnicu i promenu površine dok posmatraju telemetriju uživo i primaju povratne informacije sistema u realnom vremenu. Ovaj modul transformiše apstraktne inženjerske principe u praktično iskustvo smeštajući učenike u visokokvalitetne scenarije električnih vozila koji dinamički reaguju na njihove odluke o podešavanju.

Najvažnije karakteristike okruženja

- **Realistična vozačka okruženja**

Učenici mogu da istražuju različite simulirane uslove, uključujući gradske ulice, brze autoputeve, planinske puteve i neravne terene van puta. Vremenske prilike i površinska svojstva mogu se modifikovati u realnom vremenu kako bi se simulirala kiša, led, šljunak ili asfalt pod uticajem toplote. Ova okruženja pomažu u testiranju podešavanja vozila na načine koji bi bili skupi ili nebezbedni u stvarnom svetu.

- **Prekrivanja telemetrije uživo**

Podaci u realnom vremenu se projektuju u vidno polje korisnika ili se slojevito prikazuju na fizičkim modelima vozila (u proširenoj stvarnosti). To uključuje brzinu skretanja, bočno ubrzanje, raspodelu obrtnog momenta, pritisak kočnice, protok regenerativne energije, uglove klizanja guma i razlike brzine točkova. Prekrivanje se može prebacivati ili fokusirati na određene podsisteme za detaljnu analizu.

- **Multisenzorna integracija**

Iskustvo je poboljšano haptičkim volanima, pedalama kočnice i platformama za pokret koje simuliraju povratne informacije o vešanju, vibracije i G-sile. Zvučni signali kao što su aktivacija ABS-a ili nagib motora doprinose realizmu. Ovi signali pojačavaju učenje učenika povezivanjem fizičkih senzacija sa ponašanjem sistema.

Primeri scenarija

1. Test skretanja na mokrom putu

Studenti voze kroz simuliranu krivinu na mokrom putu različitim brzinama, upoređujući stabilnost vozila sa i bez aktivnog vektorisanja obrtnog momenta. Sistem im omogućava da podese raspodelu obrtnog momenta između prednje i zadnje osovine i posmatraju rezultujuće promene u ponašanju podupravljanja/preupravljanja, uglovima klizanja i stabilnosti skretanja. Ovaj scenario uči o važnosti dinamičkog upravljanja obrtnim momentom.



Slika 24 prikazuje VR simulaciju vožnje sa scenarijem skretanja po mokrom putu. Ona ističe telemetrijske slojeve u realnom vremenu kao što su ugao klizanja guma, raspodela obrtnog momenta i brzina skretanja. Vizuelno pokazuje kako odluke o podešavanju utiču na ponašanje vozila u uslovima slabog prijanjanja.



Slika 24. VR simulacija vožnje sa scenarijem skretanja po mokrom putu



Slika 25. VR simulacija vožnje pri hitnoj promeni trake velikom brzinom

2. Promena trake pri velikoj brzini

U ovoj vežbi, učenici izvode iznenadnu promenu dve trake pri brzini od 100 km/h. Prethodnim modifikovanjem podešavanja krutosti i prigušenja vešanja, oni procenjuju kako različita podešavanja utiču na vreme odziva vozila, naginjanje karoserije i kontrolu pravca. Greške u podešavanju (npr. previše meko prigušenje) dovode do odloženog odziva upravljanja ili nestabilnosti, pomažući učenicima da uče kroz posledice.

3. Izbegavanje prepreka u hitnim slučajevima

Učenici se približavaju neočekivanoj prepreci brzinom od 90 km/h i moraju da koče i upravljaju da bi je izbegli. Scenario testira njihovo podešavanje sistema (odziv kočnice, krutost vešanja, vektorovanje obrtnog momenta) i lične reflekse. Uspeh zavisi od inženjerskih podešavanja i tehnike vožnje, odražavajući uslove iz stvarnog sveta.

Slika 25 prikazuje VR simulaciju vožnje pri hitnoj promeni trake pri velikoj brzini. Ona prikazuje brz unos upravljanja, naginjanje karoserije vozila i povratne informacije u realnom vremenu o ponašanju vešanja i bočnom ubrzanju, ilustrujući kako dinamička podešavanja utiču na kontrolu i stabilnost pri iznenadnim manevrima.

-
-
-
-
-
-
-



POGLAVLJE-4

BEZBEDNOST I ZDRAVLJE NA RADU (BZR)



Bezbednost i zdravlje na radu u servisu električnih vozila: Sveobuhvatni vodič za analizu i implementaciju

Uvod

Električna vozila (EV) su pokrenula revolucionarnu transformaciju u automobilskom sektoru, vođena ciljevima ekološke održivosti. Sa potencijalom da smanje zavisnost od fosilnih goriva i izgrade čistiju budućnost, EV postaju neophodan deo svakodnevnog života. Ovaj brzi rast povećava značaj servisnih operacija za električna vozila, a istovremeno donosi nove rizike po bezbednost i zdravlje na radu (BZR) koji se razlikuju od onih u tradicionalnim servisima za vozila i složeniji su od onih u njima. Posebno, visokonaponski električni sistemi, jedinstvene opasnosti litijum-jonskih baterija i specijalizovane procedure održavanja koje zahtevaju ove tehnologije stvaraju ozbiljne bezbednosne izazove za servisere.

Ovaj izveštaj ima za cilj da detaljno ispita primarne rizike po zdravlje i bezbednost na radu koji se javljaju u servisnim operacijama za električna vozila, detaljno opiše ličnu zaštitnu opremu (LZO) i radne procedure neophodne za ublažavanje ovih rizika i objasni metodologije analize rizika u servisnim oblastima, zajedno sa koracima integracije za simulacione aplikacije podržane proširenom stvarnošću (AR) i virtuelnom stvarnošću (VR). Pored toga, biće obrađeni koraci za reagovanje u vanrednim situacijama za scenarije kao što su požar, strujni udar i curenje gasa, kao i procesi razvoja modula za obuku za prepoznavanje opasnosti zasnovanih na AR/VR. Konačno, biće predstavljen predlog dizajna postera pod nazivom „Vodič za bezbedan rad u servisiranju električnih vozila“ kako bi se podigla svest u ovoj oblasti. Ova sveobuhvatna analiza ima za cilj da pruži neophodna znanja i strategije za osiguravanje bezbednosti osoblja koje radi u servisiranju električnih vozila i negovanje proaktivne kulture bezbednosti u industriji.



1. BEZBEDNOSNI RIZICI VISOKOG NAPONA I LIČNA ZAŠTITNA OPREMA

U servisima za električna vozila, visoki napon predstavlja jedan od najkritičnijih bezbednosnih rizika za tehničare. Ovaj odeljak će detaljno ispitati definiciju visokog napona, nivo napona u električnim vozilima, potencijalne opasnosti povezane sa visokim naponom, kao i ličnu zaštitnu opremu i radne procedure koje se moraju koristiti za suzbijanje ovih opasnosti.

1.1. DEFINICIJA VISOKOG NAPONA I NJEGOVA PRIMENA U ELEKTRIČNIM VOZILIMA

Visok napon je definisan u propisima o bezbednosti električnih uređaja na radu kao napon veći od 1000 volti. Radi bezbednosti, svi naponi iznad 1000 volti smatraju se visokim naponom, dok se svaki napon sa efektivnom vrednošću iznad 50 volti klasifikuje kao „opasan napon“.1 Ova razlika je osnovna polazna tačka za razumevanje ozbiljnosti rizika koji se javljaju pri radu u servisima za električna vozila.

Električna vozila obično imaju dva glavna sistema napona:

- **Sistemi niskog napona:** Slično tradicionalnim vozilima sa motorima sa unutrašnjim sagorevanjem, električna vozila takođe sadrže olovne baterije od 12 V. Ove baterije podržavaju standardne operacije vozila kao što su osvetljenje, informativno-zabavni sistemi i drugi pomoćni električni dodaci.2
- **Sistemi visokog napona (trakcione baterije):** Litijum-jonski baterijski paketi, koji čine pogonski sistem električnih vozila, obično rade na nivoima napona u rasponu od 400 V do 800 V, a kod nekih modela mogu dostići čak i do 1200 V.2 Ovaj visoki napon je neophodan da bi se obezbedile performanse vozila i mogućnost brzog punjenja. Konkretno, stanice za brzo punjenje jednosmernom strujom rade u opsegu napona od 400V do 900V.4

Ovaj širok opseg napona u električnim vozilima ukazuje na to da jedna vrsta obuke o električnoj bezbednosti neće biti dovoljna za servisere. Svaki nivo napona ima različite profile rizika i zahteve za intervenciju. Na primer, preporučuje se da se sačeka do 3 minuta nakon deaktiviranja baterije od 12V zbog mogućnosti da se vazdušni jastuci i dalje aktiviraju, i do 5 minuta nakon deaktiviranja baterije visokog napona kako bi se kondenzatori mogli isprazniti.5 Ova situacija ističe potrebu za razvojem detaljnih i praktičnih modula za specifične nivo napona u obuci tehničara, a ne za opštu električnu bezbednost.





1.2. RIZICI POVEZANI SA VISOKIM NAPONOM

Sistemi električnih vozila visokog napona predstavljaju razne ozbiljne opasnosti:

Električni udar: Električni udar je fiziološko oštećenje uzrokovano prolaskom električne struje kroz ljudsko telo. Stepenn ovog oštećenja zavisi od mnogih faktora, uključujući intenzitet struje, napon, vrstu struje (AC/DC), trajanje izlaganja, površinu kontakta, faktore koji povećavaju provodljivost (kao što je kontakt sa vodom) i put kojim struja prolazi kroz telo. Srce i nervni sistem su najviše pogođeni električnim udarom; mogu se javiti vitalne opasnosti poput srčanog zastoja (asistolije) ili nepravilnih ritmova (ventrikularna fibrilacija) i respiratornog zastoja. Dok se peckanje oseća pri malim strujama, struje od 50-100mA mogu dovesti do ventrikularne fibrilacije, a 5-10A može izazvati asistoliju.

Luk i eksplozija luka: Luk je iznenadno i nasilno oslobađanje energije koje se javlja u električnim kolima visokog napona. Ovaj događaj može izazvati izuzetno visoke temperature (hiljade stepeni Celzijusa), jaku svetlost, talas pritiska i prskanje rastopljenog metala, što dovodi do teških opekotina, slepila i traumatskih povreda. Postoji rizik od skoka struje ili varničenja, posebno prilikom intervencije sa kritičnim visokonaponskim kolima kao što je utikač za utičnicu. Efikasnost zaštitne odeće od lučnog bljeska određena je njenom „nominalnom snagom luka“, merenom u kalorijama.

Termičko bekstvo i rizik od požara: Termičko bekstvo litijum-jonskih baterija jedan je od najozbiljnijih rizika od požara u servisima električnih vozila. Ovo stanje počinje nekontrolisanim pregrevanjem ćelija baterije, što dovodi do opasnosti kao što su požar, eksplozija i oslobađanje toksičnih gasova. Temperature tokom požara baterije mogu dostići i do 1000°C. Sagorevanje baterija oslobađa toksične gasove (kao što su vodonik-fluorid, fosfor-oksifluorid, ugljen-monoksid), a udisanje ovih gasova može izazvati trovanje. Nesreće, prekomerno punjenje, mehanička oštećenja i ekstremne temperature (posebno punjenje van opsega napunjenosti od 15%-85% ili izlaganje baterije preterano toplim/hladnim sredinama) mogu izazvati termički beg.

Rizici visokog napona generalno nisu izolovani incidenti; već, pokretanje jednog rizika može pokrenuti drugi, stvarajući „kaskadni efekat“. Na primer, lučni bljesak koji se javlja tokom strujnog udara može prouzrokovati mehaničko oštećenje baterije, pokrećući termički beg. Ovo može pokrenuti lančanu reakciju koja dovodi do požara, oslobađanja toksičnih gasova, pa čak i eksplozije. Stoga, upravljanje rizicima zahteva dinamičko modeliranje koje uzima u obzir ne samo pojedinačne opasnosti već i potencijalne lančane reakcije i njihove kombinovane efekte. Preventivne mere i planovi za vanredne situacije trebalo bi da imaju za cilj prekidanje ovog kaskadnog efekta.

1.3. LIČNA ZAŠTITNA OPREMA ZA BEZBEDNOST OD VISOKOG NAPONA

Tamo gde se opasnosti ne mogu potpuno eliminisati, lična zaštitna oprema je od vitalnog značaja za zaštitu radnika. Poslodavci su zakonski obavezni da obezbede odgovarajuću, standardima u skladu sa i održavanu LZO.16 Tehničari koji rade u okruženjima visokog napona moraju da koriste posebno dizajniranu i sertifikovanu LZO za zaštitu od strujnog udara, lučnog bljeska i termičkih opekotina.

Izolovane rukavice: Moraju biti u skladu sa standardom EN 60903, sertifikovane po CE standardu i izolovane u skladu sa nivoom napona na kojem se radi (npr. klasa 00 za sisteme niskog napona).¹⁸ Rukavice moraju biti bez oštećenja kao što su šavovi, pukotine, cepanje, mehurići.¹⁸ Upotreba izolovanih gumenih rukavica je obavezna prilikom intervenisanja sa visokonaponskim kolima.⁹

Zaštitne maske / kacige sa vizirom: Upotreba zaštitnih maski je obavezna zbog rizika od lučnog luka i varnica.⁹ Kacige štite glavu od padajućih predmeta, udaraca i provodnika pod naponom¹⁹, i treba da ima integrisani, podesivi aparat za zaštitu očiju (u skladu sa EN 166).¹⁸

Odeća otporna na električni luk (odelo za električni luk): Zaštitna odeća od termičkih opasnosti od električnog luka mora biti u skladu sa standardima kao što su ASTM F1959 i IEC 61482.10 Ova odeća mora imati specifičnu energetska otpornost na kalorije/cm² (cal/cm²) (ATPV ili EBT) i ne sme se topiti ili kapljati.¹⁰ Različite vrednosti otpornosti na električni luk se određuju na osnovu kategorija rizika (npr. 4 cal/cm² za kategoriju 1, 40 cal/cm² za kategoriju 4).¹¹

Izolovana obuća: Pri električnim radovima mora se koristiti izolovana obuća.²⁰ Iako zaštitne cipele, u skladu sa standardom EN ISO 20345, sa ocenom S3 – CI – SRC, pružaju opštu zaštitu¹⁸, za električne radove treba dati prednost specijalnim cipelama sa izolovanim đonom.

Izolacione prostirke: U radnom prostoru treba koristiti izolacione prostirke, postavljene na zemlju kako bi delovale kao zaštitna barijera između tehničara i električno provodljivih površina.²⁰

Zaštita za respiratorne organe: Za emisiju toksičnih gasova tokom požara ili termičkog bekstva moraju se nositi maske za celo lice i aparati za disanje sa filtrom.²¹ Treba koristiti zaštitnike za respiratorne organe koji su u skladu sa standardima kao što su EN 136 (maska za celo lice), EN 140 (maska za pola lica) i EN 141/EN 143 (filteri za gas i prašinu).¹⁹





LZO ne treba tretirati kao pojedinačne delove, već kao „sistem“. Različiti delovi LZO, kao što su izolovane rukavice, odeća otporna na lučni luk i štitnici za lice, čine kompletan sloj zaštite kada se kombinuju. To zahteva da svaki deo LZO bude kompatibilan sa drugima i da pruža maksimalnu zaštitu od opasnosti u celini. Štaviše, pravilna upotreba i redovno održavanje LZO su podjednako važni kao i njena nabavka za njenu efikasnost.

1.4. RADNE PROCEDURE ZA BEZBEDNOST POD VISOKIM NAPONOM

Pored korišćenja LZO, neophodno je strogo pridržavanje specifičnih radnih procedura za upravljanje rizicima visokog napona:

Izolacija i zaključavanje/označavanje energije (LOTO): LOTO je metoda zaključavanja i označavanja koja se primenjuje kako bi se sprečilo neočekivano pokretanje bilo koje mašine ili uređaja ili ispuštanje opasnih materija iz vodova.¹⁶ Ovo je primarna i preferirana metoda za kontrolu opasne energije i dovodenje opreme u „stanje nulte energije“. LOTO brave moraju se razlikovati od ostalih brava u objektu, a oznake moraju biti uniformne, izdržljive i nositi jasna upozorenja kao što su „NE KORISTITI“, „NE OTVARATI“, „NE UKLJUČIVATI POD NAPOJ“.²² Čak i tokom smena, LOTO procedure moraju se u potpunosti primenjivati, a dolazeći radnik proverava da li je zaključavanje pravilno izvršeno i pričvršćuje svoju ličnu bravu.

Pravilo jedne ruke i zabrana rada samostalno: Pravilo „jedne ruke“ i pravilo „nikada ne radi sam“ moraju se primenjivati pri radu sa električnom opremom.¹⁷ Pravilo jedne ruke ima za cilj da spreči prolazak struje kroz srce u slučaju strujnog udara, korišćenjem samo jedne ruke tokom merenja ako je moguće.²³ Zabrana samostalnog rada osigurava hitnu pomoć u slučaju nesreće i sprečava pogrešne operacije u opasnim radovima kao što su električni poslovi.²⁴ Iako ne postoji posebna zabrana samostalnog rada u zakonodavstvu, primena ovog pravila na osnovu procene rizika je od vitalnog značaja. Situacije poput strujnog udara ili neispravnog ožičenja mogu dovesti do mnogo ozbiljnijih posledica kada se radi samostalno.²⁶

Usklađenost sa uputstvima proizvođača: Punjači za električna vozila i sva povezana oprema moraju se instalirati, koristiti i održavati u skladu sa uputstvima proizvođača.²⁸ Operacije održavanja i popravke moraju se obavljati prema katalogima vozila, a uputstva i pravila proizvođača moraju se poštovati prilikom korišćenja ručnog alata.²⁹ Kako se tehnologije električnih vozila brzo razvijaju, svaki model i komponenta mogu imati jedinstvene bezbednosne zahteve. Strogo pridržavanje uputstava proizvođača je osnovni princip za obezbeđivanje bezbednosti opreme i zdravlja radnika.



Proceduralne mere bezbednosti kao što su LOTO, pravilo jedne ruke i zabrana rada samostalno ne samo da smanjuju tehničke rizike već utiču i na pravnu odgovornost. Kršenje ovih procedura može povećati pravnu odgovornost poslodavca i zaposlenog u nesrećama na radu.²⁷ Operativno, ova pravila stvaraju „kulturu discipline“ u radnim procesima, smanjujući stopu grešaka i povećavajući efikasnost. S obzirom na visok rizik svojstven radu pod visokim naponom, kritična uloga ovih proceduralnih kontrola u sprečavanju nesreća na radu, pored toga što je zakonski zahtev, ukazuje na to da nepoštovanje ovih pravila ne samo da povećava tehničke rizike već i povlači za sobom pravnu odgovornost za poslodavce i zaposlene. Ovo naglašava da proceduralna bezbednost nije samo „obaveza“ već i „pravna i operativna nužnost“.



Donja tabela sumira rizike od visokog napona, relevantnu ličnu zaštitnu opremu i dodatne bezbednosne mere u uslugama za električna vozila:

Tabela 1: Rizici od visokog napona i povezana lična zaštitna oprema u uslugama za električna vozila

TIP RIZIKA	OPIS RIZIKA	RELEVANTNA PPE	PPE STANDARD/CLASSES	DODATNE BEZBEDOSNE MERE
Električni šok	Fiziološka oštećenja uzrokovana prolaskom električne struje kroz telo; srčani zastoj, respiratorni zastoj, oštećenje nerava.	Izolacione rukavice, izolovana obuća, izolacione prostirke	EN 60903 (Klasa 00, etc.), EN ISO 20345 (S3, CI, SRC) ¹⁸	LOTO (Zaključavanje/Označavanje), Pravilo jedne ruke, Zabrana rada Samostalno, Usklađenost sa uputstvima proizvođača
Lučni bljesak	Iznenadno pražnjenje energije u visokonaponskim kolima; visoka temperatura, jaka svetlost, talas pritiska, prskanje rastopljenog metala. ¹⁰	Zaštitni štitnik za lice/kaciga sa viziorom, odeća otporna na lučno električno izlučivanje, izolovane rukavice	EN 166, ASTM F1959 (ATPV/EBT), IEC 61482 9	LOTO, Bezbedna radna udaljenost, Verifikacija napona
Termalno pregrevanje i požar	Nekontrolisano pregrevanje litijum-jonskih baterija, što dovodi do požara, eksplozije, oslobađanja toksičnih gasova.	Zaštita za disanje (maska za celo lice, aparat za filtriranje disanja), odeća otporna na lučni luk, izolovane rukavice	EN 136, EN 140, EN 141, EN 143, EN 403, ASTM F1959, IEC 61482 10	Sistemi za hlađenje baterija, upravljanje nivoom napunjenosti, mehanički sprečavanje oštećenja, plan za vanredne situacije



2. ANALIZA RIZIKA U OBLASTIMA USLUGA I OPERATIVNI KORACI ZA AR/VR SIMULACIONE APLIKACIJE

Servisne zone za električna vozila su složena okruženja koja, pored visokog napona, sadrže razne hemijske, ergonomske i mehaničke rizike. Efikasno upravljanje ovim rizicima zahteva sveobuhvatnu metodologiju analize rizika i inovativne pristupe obuci. Aplikacije simulacije podržane proširenom stvarnošću (AR) i virtuelnom stvarnošću (VR) nude značajan potencijal u ovoj oblasti.

2.1. METODOLOGIJA ANALIZE RIZIKA U OBLASTIMA USLUGA

Procena rizika je fundamentalni korak za sistematsko identifikovanje, analizu i kontrolu potencijalnih opasnosti i rizika u uslugama električnih vozila. Ovaj proces nije samo zakonski zahtev ³¹ već čini i osnovu proaktivnog upravljanja bezbednošću i pruža okvir u skladu sa međunarodnim standardima kao što je ISO 45001.³²

Značaj procene rizika: Rizici od požara koji nastaju usled punjenja električnih vozila u komercijalnim i industrijskim objektima moraju se pažljivo proceniti.²⁸ Neophodno je identifikovati elemente koji ugrožavaju zdravlje i bezbednost na radnom mestu i preduzeti neophodne mere predostrožnosti.²⁹ Nijedan rad u opasnim ili veoma opasnim klasama ne bi trebalo da se započne bez procene rizika i plana za vanredne situacije.³¹

Pristupi analizi rizika: Strukturirane metodologije kao što je analiza stabla grešaka (FTA) su moćni alati za dubinsko razumevanje osnovnih uzroka i mogućih scenarija složenih događaja poput požara električnih vozila.³³ Ovaj pristup pruža holističku perspektivu identifikovanjem pet glavnih uzroka: ljudskih faktora, faktora vozila, faktora upravljanja, spoljnih faktora i nepoznatih faktora. Ovo omogućava razvoj kontrolnih mera koje ciljaju osnovne uzroke, a ne samo simptome.

Rizici i mere predostrožnosti specifični za područje usluge: Zone za punjenje: Mora se obezbediti dovoljan i bezbedan parking prostor za mesta za punjenje, a oprema i kablovi za punjenje ne smeju ometati izlaze za slučaj nužde.²⁸ Mesta za punjenje treba da budu zaštićena od mehaničkih oštećenja od vozila (npr. ivičnjacima, stubićima, barijerama).²⁸ Zone za punjenje treba da budu fizički odvojene od procesnih i skladišnih prostora, a kontrola rizika treba da se obezbedi za vreme kada zgrade nisu naseljene. Zaštita od prskalica se toplo preporučuje za zatvorene parkinge. Litijum-jonske baterije na kraju životnog veka moraju se pravilno odložiti.





Opšti raspored servisnog prostora: Radni prostor treba održavati urednim i bezbednim preduzimanjem mera zaštite i zdravlja na radu. Posebne mere bezbednosti moraju se preduzeti pri radu sa zapaljivim, zapaljivim i eksplozivnim materijalima.²⁹ Neophodne mere bezbednosti moraju se primeniti tokom podizanja i spuštanja vozila.

Hemijski rizici: Litijum-jonske baterije koje se koriste u električnim vozilima mogu izazvati curenje gasa ili tečnosti usled proizvodnih grešaka, zloupotrebe, pregrevanja ili sudara.³⁵ Ova curenja mogu sadržati elektrolite koji mogu proizvesti toksičnu i korozivnu fluorovodoničnu kiselinu (HF). Pored toga, rashladna sredstva koja se koriste u klima uređajima električnih vozila (npr. R-134a, R-1234yf) mogu predstavljati opasnost u slučaju curenja.³⁶ Neka rashladna sredstva (R32, R600A) mogu biti zapaljiva i formirati eksplozivne smeše kada su izložena varnicama.³⁸ Izlaganje ovim gasovima može dovesti do zdravstvenih problema.

Ergonomski rizici: Komponente električnih vozila, posebno baterije visokog napona, mogu biti teške i glomazne, što otežava ručno rukovanje i izaziva fizičko naprezanje koje može dovesti do mišićno-skeletnih poremećaja (MSD). Pomagala i uređaji za dizanje moraju se koristiti tokom instalacije, uklanjanja, skladištenja i transporta baterija i drugih teških komponenti.³⁵

Mehanički rizici: U servisnim prostorima, bezbedna upotreba ručnih alata, podizanje i podupiranje vozila i osnovne mehaničke operacije kao što su sečenje, turpijanje, brušenje i bušenje zahtevaju upotrebu odgovarajuće LZO i prisustvo zaštitnih opreme za mašine.²⁹

Rizici elektromagnetnog polja (EMP): Visoke struje u električnim vozilima mogu indukovati magnetna polja koja mogu izazvati vrtložne struje u ljudskom telu. Izlaganje EMP-u je potencijalno opasno, posebno za osobe sa pejsmejkerima.³⁵

2.2. OPERATIVNI KORACI ZA AR/VR SIMULACIONE APLIKACIJE

AR/VR tehnologije imaju potencijal da transformišu analizu rizika i obuku o bezbednosti u uslugama električnih vozila. Ove tehnologije mogu vizualizovati „nevidljive opasnosti“ (npr. curenje gasa ili pregrejano mesto baterije) u realnom vremenu, povećavajući svest o situaciji.⁴³ Ovo omogućava da analiza rizika evoluiraju iz statičkog i periodičnog procesa u kontinuirani i dinamičan.

Razvoj i integracija AR/VR simulacionih aplikacija trebalo bi da uključuje sledeće korake:





1. Analiza potreba i definicija obima:

Procena trenutnog stanja: Ispituju se postojeći rizici u oblasti usluge, podaci o nesrećama i efikasnost trenutnih programa obuke. Utvrđuje se koje opasnosti (visoki napon, termički beg, curenje hemikalija itd.) se mogu bolje rešiti pomoću AR/VR.

Identifikacija ciljne publike: Analiziraju se potrebe, nivoi znanja i stilovi učenja tehničara (novozaposleni,iskusni stručnjaci) i menadžera zaštite na radu koji će dobiti obuku.

Identifikacija oblasti primene: Razjašnjavaju se specifične oblasti primene kao što su analiza rizika, vežbe za vanredne situacije, obuka za prepoznavanje opasnosti ili proceduralno vođenje.

2. Tehnička infrastruktura i izbor hardvera:

Softver: Softver za simulaciju je razvijen korišćenjem fizičkih motora kao što je Unity i programskih jezika kao što su C# i Javascript.⁴⁵ AR/VR platforme poput Havelsan-ove H-ARF (Augmented Reality Platform) i virtuelni treneri za održavanje mogu poslužiti kao primeri.⁴⁶

Hardver: Biraju se VR slušalice (npr. Oculus, HTC Vive) ili AR naočare (npr. Microsoft HoloLens), pametni telefoni/tableti i drugi uređaji pogodni za korisničko iskustvo i svrhu primene.⁴⁷

Baza podataka: Korisnički podaci (performanse, stope grešaka, napredak obuke) se beleže putem baza podataka kao što je MySQL kako bi se omogućilo praćenje i izveštavanje o efikasnosti obuke.⁴⁵

3. Sadržaj simulacije i dizajn scenarija:

3D modeliranje i kreiranje okruženja: Servisna zona električnih vozila, modeli vozila, kablovi visokog napona, baterije, stanice za punjenje i druga oprema kreiraju se pomoću realističnih 3D modela.⁴⁵

Interaktivni tokovi scenarija: Razgranati scenariji su dizajnirani da prikažu posledice korisničkih odluka i akcije.⁴³ Na primer, mogu se simulirati potencijalni ishodi nepravilnog izbora LZO, nepoštovanja LOTO procedura ili grešaka u reagovanju na vanredne situacije.





Vizuelizacija opasnosti: AR preklapa digitalne informacije (znakove opasnih područja, nivoe napona, upozorenja o curenju gasa, mesta pregrejanih baterija) sa stvarnim svetom kako bi se obezbedila trenutna svest o situaciji.⁴³ VR omogućava da se opasne situacije poput požara, strujnog udara ili eksplozija gasa dožive u bezbednom virtuelnom okruženju.⁴⁹

Mehanizmi povratnih informacija: Integrisani su sistemi koji procenjuju korisničke performanse, identifikuju greške i predlažu korektivne mere. Trenutne povratne informacije ubrzavaju proces učenja i sprečavaju ponavljanje grešaka.⁴³

1. Testiranje modula, povratne informacije i kontinuirano poboljšanje:

Pilot implementacija: Razvijene simulacije se testiraju sa malom ciljnom publikom (pilot grupa).

Analiza učinka: Mere se veštine prepoznavanja opasnosti, donošenja odluka i intervencije korisnika. Zabeleženi podaci o učinku se koriste za procenu efikasnosti obuke.

Prikupljanje povratnih informacija: Detaljne povratne informacije o korisničkom iskustvu, tehničkim problemima i kvalitetu sadržaja prikupljaju se od učesnika i instruktora.

Ciklus poboljšanja: Modul se kontinuirano poboljšava i ažurira na osnovu prikupljenih podataka i povratnih informacija. Redovno se vrše ažuriranja tehničke infrastrukture i obnavljanje sadržaja.

AR/VR simulacije mogu funkcionisati ne samo kao alati za obuku, već i kao alati za analizu rizika u realnom vremenu i „situacionu svest“.⁴³ Servisni tehničari mogu vizualizovati komponente visokog napona, status baterije ili potencijalna curenja gasa vozila u realnom vremenu putem AR naočara, omogućavajući brže i preciznije otkrivanje nevidljivih opasnosti. Dok je tradicionalna analiza rizika često statična i periodična, AR/VR sposobnost da integriše i vizualizuje podatke u realnom vremenu omogućava brže otkrivanje dinamičkih i neposrednih opasnosti, povećavajući situacionu svest i omogućavajući proaktivnu intervenciju. Ovo osigurava da analiza rizika postane kontinuiran i dinamičan proces.

Tabela ispod sumira korake i očekivane koristi od AR/VR podržanih simulacionih aplikacija u servisima za električna vozila:



Tabela 2: AR/VR podržane simulacione aplikacije u uslugama električnih vozila: koraci i dobici

KORAK	OPIS	AR/VR ULOGA	OČEKIVANI BENEFITI
1. Analiza Potreba	Identifikacija postojećih rizika, podataka o nesrećama i nedostataka u obuci. Definisanje ciljeva obuke i ciljne publike.	Vizuelizacija i analiza rizika radi identifikacije potencijalnih oblasti primene.	Povećana svest o riziku, razjašnjenje potreba za obukom.
2. Tehnička Infrastruktura	Izbor i podešavanje softverske platforme (Unity, C#, Javascript), hardvera (VR/AR slušalice, tableti) i baze podataka (MySQL).	Čini osnovu simulacionog okruženja. Pruža realistične fizičke motore i mogućnosti vizuelizacije.	Efikasnost procesa razvoja, performanse sistema i skalabilnost.
3. Razvoj Sadržaja	3D modeliranje područja usluge, vozila, opreme. Dizajn interaktivnih scenarija, vizuelizacija opasnosti i mehanizmi za povratne informacije.	Doživljavanje opasnih situacija (požar, strujni udar, curenje gasa) u bezbednom virtuelnom okruženju (VR). Preklapanje digitalnih informacija preko stvarnog okruženja (AR) za trenutno vođenje i prepoznavanje opasnosti.	Povećana svest o riziku, smanjene stope grešaka, poboljšano zadržavanje znanja, jačanje bezbednog ponašanja.
4. Testiranja i unapređenja	Pilot testiranje razvijenih modula sa ciljnim grupama. Analiza povratnih informacija korisnika i podataka o učinku. Kontinuirano poboljšanje i ažuriranje.	Optimizacija korisničkog iskustva, validacija realizma i efikasnosti simulacije.	Kontinuirano poboljšanje kvaliteta obuke, isplativost, prilagodljivost.



3. SCENARIJI VANREDNIH SITUACIJA: AKCIJE U SLUČAJEVIMA POŽARA, STRUJNOG UDARA, CURENJA GASA ITD.

Vanredne situacije koje se mogu javiti u servisima za električna vozila su složeni događaji koji zahtevaju brzu i ispravnu intervenciju. Ovaj odeljak će obuhvatiti opšte principe upravljanja i detaljne korake intervencije u slučaju požara, strujnog udara i curenja gasa.

3.1. OPŠTI PRINCIPI UPRAVLJANJA VANREDNIM SITUACIJAMA

Svaka servisna zona za električna vozila mora imati sveobuhvatni plan delovanja u vanrednim situacijama.²¹ Ovaj plan mora se redovno uvežbavati, procenjivati i ažurirati.²⁸

Prvi odgovor i komunikacija: Ostajanje mirnim i bez panike je prvi korak kada se dogodi vanredna situacija.²¹ Aktiviranje alarmnog sistema radi upozoravanja svih zaposlenih i timova za hitne slučajeve, a zatim odmah obaveštavanje vatrogasne službe, koordinatora za hitne slučajeve i drugih relevantnih jedinica sa detaljnim informacijama, je neophodno.²¹

Obuka osoblja: Svo osoblje mora biti obučeno za postupke u vanrednim situacijama, osnovno znanje prve pomoći (posebno kod strujnog udara) i brojeve za brzu komunikaciju.²⁸

3.2. FIRE EMERGENCY SCENARIO AND INTERVENTION

Požari električnih vozila imaju drugačije karakteristike od požara tradicionalnih vozila i zahtevaju posebne strategije intervencije.

Karakteristike požara električnih vozila: Požari litijum-jonskih baterija mogu generisati visoke temperature do 1000°C tokom sagorevanja.¹² Ovi požari uključuju reaktivne hemikalije koje mogu reagovati sa vodom i proizvoditi vodonik.¹² Takođe ih karakteriše oslobađanje zapaljivih i toksičnih gasova (kao što su vodonik-fluorid, fosfor-oksifluorid, ugljen-monoksid).⁵ Požari električnih vozila mogu se ponovo zapaliti čak i nakon gašenja i mogu trajati satima.⁵

Koraci intervencije:

1. Uspostavljanje bezbedne zone: Pokušaj da se zapaljeno vozilo premesti u bezbedno područje i stvaranje bezbednosne zone od najmanje 10-15 metara oko njega je neophodan.⁵ Mora se voditi računa da se ne udišu toksični gasovi koji se emituju iz zapaljenih baterija.⁹





2. Električna izolacija: Glavni električni tasteri za isključivanje treba da se koriste za isključivanje napajanja punjača i povezanih vozila.²¹ Treba imati na umu da prekidač za isključivanje visokog napona ne treba isključivati osim u hitnim slučajevima, a kablove ili baterije visokog napona nikako ne treba seći, jer to može dovesti do ozbiljnih povreda ili smrti.⁵

3. Gašenje i kontrola požara: Upotreba vode: Voda je najefikasnije sredstvo za gašenje požara litijum-jonskih baterija i mora se primeniti direktno na sistem baterija.⁵ Važno je nastaviti hlađenje najmanje 10 sati uz kontinuirano praćenje termalnom kamerom.²¹

Specijalni aparati za gašenje: Mogu se koristiti sredstva za gašenje posebno dizajnirana za požare litijumskih baterija, kao što su AVD (vodena disperzija vermikulita) 51 i aparati za gašenje Lith-Ex.51 Sistemi koji uključuju Watermist tehnologiju i sredstvo za gašenje F500 takođe mogu dati efikasne rezultate.¹²

Ostali aparati za gašenje: Za požare koji nastaju u električnoj jedinici za punjenje, ugljen-dioksid (CO2) ili suvi hemijski prah (DCP) tipa Mogu se koristiti aparati za gašenje požara.²¹ Međutim, treba napomenuti da CO2 i druge hemikalije možda neće ohladiti bateriju u požarima baterija, sprečiti ponovno paljenje ili čak dovesti do oslobađanja toksičnih/eksplozivnih gasova.¹³ Nanošenje pene se generalno ne preporučuje.⁵

4. Protivpožarno ćebe: Električno vozilo može biti prekriveno protivpožarnim ćebetom kako bi se kontrolisalo širenje plamena.²¹

5. Ventilacija: Ako se požar dogodio unutar zgrade, važno je obezbediti ventilaciju i rad izduvnih sistema.²¹

6. Profesionalna intervencija: Ako je kapacitet tima za gašenje prekoračen, treba sačekati vatrogasnu službu i pružiti im jasne i koncizne informacije o opasnosti, kao što su lokacije požara i objekti za električnu izolaciju.²⁸

Tradicionalni pristupi gašenju požara (potpuno suzbijanje plamena) mogu biti nedovoljni za požare baterija električnih vozila. Primarni cilj kod takvih požara je hlađenje baterije tokom dužeg perioda (do 10 sati) kako bi se zaustavilo termalno bekstvo i sprečilo ponovno paljenje, i kontrolisale emisije toksičnih gasova. Ovo zahteva promenu paradigme za vatrogasne i servisne timove sa „gašenja požara“ na „kontrolu i hlađenje požara“. S obzirom na visoku temperaturu i tendenciju ponovnog paljenja požara litijumskih baterija, činjenica da samo gašenje plamena nije dovoljno i da produženo hlađenje baterije i sprečavanje termalnog bekstva imaju prednost, čini osnovu ove nove filozofije.



3.3. ELECTRIC SHOCK EMERGENCY SCENARIO AND FIRST AID

U slučajevima strujnog udara, najvažnije je da spasilac ne rizikuje sopstveni život.⁶

Bezbednost i izolacija spasioca: Potrebno je udaljiti žrtvu od izvora struje pomoću neprovodljivog predmeta (npr. drveta).⁶ Ne približavajte se visokom naponu bliže od 20 metara i obavezno sačekajte da se struja prekine. Važno je isključiti prekidač da biste prekinuli struju, ne biti vlažan ili mokar, nositi gumene rukavice ako je moguće i stajati na neprovodljivoj površini (npr. drvetu) tokom spasavanja.

Prva pomoć (ABCD protokol):

	Aktivacija sistema hitne medicinske pomoći (112)	Odmah pozovite 112 i zatražite hitnu medicinsku pomoć.
	Brza KPR	Ako je povređeni bez svesti i ne diše, odmah započnite brzu kardiopulmonalnu reanimaciju (KPR). Koristite automatski eksterni defibrilator (AED) ako je dostupan.
	Uklanjanje odeće	Izgorelu odeću, obuću i kaiševe treba skinuti kako bi se sprečio stalni kontakt sa toplotom.
	Pristup traumi	Svakom pacijentu izloženom električnom udaru treba pristupiti kao pacijentu sa traumom i treba mu obezbediti zaštitu kičme.
	Transfer u bolnicu	Svaki pacijent izložen električnoj struji treba prvo odvesti u medicinski centar na prijem i otpustiti uz dozvolu tog centra nakon pregleda. Hospitalizacija je indikovana u slučajevima izlaganja visokom naponu, prolaska struje kroz grudi i glavu, sistemskih simptoma, abnormalnih EKG nalaza ili sumnje na aritmiju. Treba napomenuti da u slučajevima električnog udara, spolja vidljiva oštećenja (opekotine kože) ne moraju u potpunosti odražavati oštećenje unutrašnjih organa (srce, nervni sistem). Ovo povećava važnost sveobuhvatne medicinske evaluacije i dugoročnog praćenja (24-48 sati EKG praćenja).





3.4. SCENARIO VANREDNE SITUACIJE I INTERVENCIJA U SLUČAJU CURENJA GASA

U servisima električnih vozila može doći do curenja gasa, posebno od rashladnih sredstava koja cure iz sistema klimatizacije ili curenja vodonika u vozilima sa gorivnim ćelijama.

Vrste curenja gasa i opasnosti:

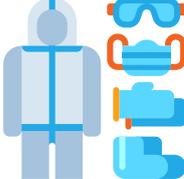
Rashladni gasovi: Moderni klima uređaji za električna vozila obično koriste gasove R-134a ili R-1234yf, koji su ekološki prihvatljivi.³⁷ Međutim, neka rashladna sredstva (npr. R32, R600A) mogu biti zapaljiva i predstavljati rizik od eksplozije pri određenim koncentracijama kada su izloženi varnicama.³⁶ Udisanje ovih gasova može dovesti do ozbiljnih zdravstvenih problema kao što su iritacija pluća, plućni edem, glavobolja, vrtoglavica i srčane aritmije.⁴⁰

Vodonik: Vodonik se koristi u električnim vozilima sa gorivnim ćelijama.⁴¹ Oslobođanje vodonika može se desiti i kod požara litijum-jonskih baterija.²⁸ Vodonik je lako zapaljiv i eksplozivan kada se pomeša sa vazduhom. Njegov plamen bez mirisa i bledi može otežati njegovo prisustvo.⁴¹

Priroda bez mirisa ili bledi plamen rashladnih sredstava ili vodonika otežava njihovo otkrivanje tradicionalnim metodama. Zbog toga se tehničari suočavaju sa „nevidljivom pretnjom“.



Intervention Steps:

	<p>Ne paničite i obavestite</p>	<p>Prvi korak je ostati smiren, uspostaviti bezbednosni perimetar i pozvati nadležno osoblje i nadzornike (npr. hitnu pomoć za prirodni gas 187 u Turskoj) sa bezbedne udaljenosti od curenja gasa.</p>
	<p>Isključite izvor gasa</p>	<p>Potrebno je zatvoriti gasni ventil i pritisnuti dugme za hitno zaustavljanje.</p>
	<p>Ventilacija</p>	<p>Otvaranje vrata i prozora radi provetranja prostora je važno. Ako je gas teži od vazduha, treba ga usisivati iz nižih i osamljenih područja; ako je lakši, odozgo.</p>
	<p>Sprečite izvore paljenja</p>	<p>Veoma je važno ne koristiti uređaje za osvetljenje i komunikaciju koji mogu izazvati varnice (električne prekidače, mobilne telefone, cigarete), ne dodirivati električne prekidače, ne koristiti telefon i ne koristiti izvore otvorenog plamena poput cigareta, šibica/upaljača.</p>
	<p>Curenje zapaljenog gasa</p>	<p>Ako se curenje može prekinuti od izvora, plamen se gasi i curenje se zaustavlja. Požare na gas ne treba gasiti vodom. Ako postoji curenje u telu boce, bocu treba odneti na otvoreni prostor i ostaviti da gori kontrolisano dok se ne isprazni.</p>
	<p>Upotreba LZO</p>	<p>Lična zaštitna oprema (zaštitna maska, pokrivanje usta/nosa vlažnom maramicom) mora se nositi pre intervencije.</p>
	<p>U slučaju trovanja</p>	<p>Otrovanu osobu treba izvesti iz okoline, proveriti joj respiratorni sistem, izvršiti veštačko disanje ako je došlo do zaustavljanja, staviti je u položaj za oporavak, dati joj kiseonik, opustiti odeću, držati je toplom i obavestiti najbližu zdravstvenu ustanovu.</p>



Pogrešne radnje poput intervencije vodom u požarima gasa ili stvaranja varnica povećavaju rizik od eksplozije, što ukazuje na to da obuka za vanredne situacije treba posebno da se fokusira na ove scenarije „pogrešne intervencije“. Činjenica da curenje gasa postaje „nevidljiva pretnja“ povećava važnost tehnoloških rešenja poput detektora gasa i obuke za vizuelizaciju opasnosti zasnovane na proširenoj/virtuelnoj realnosti (AR/VR).⁴³

Tabela ispod daje rezimirani dijagram toka intervencije za scenarije vanrednih situacija koji se mogu pojaviti u servisima za električna vozila:

Vanredni scenario	Početni koraci (obaveštenje, bezbednost)	Metode intervencije (gašenje/izolacija/prva pomoć)	Posledice (praćenje, izveštavanje, normalizacija)
<p>Vatra</p> 	<p>Ostanite mirni, aktivirajte alarm, pozovite vatrogasnu službu (112) i nadležne jedinice, pružite detaljne informacije, uspostavite bezbednu zonu (10-15 m).</p>	<p>Izolujte struju (glavna dugmad za isključivanje), ne secite kablove visokog napona.5 Hladite vodom duže vreme (10 sati uz praćenje termalnom kamerom).5 Koristite posebne aparate za gašenje požara kao što su AVD/Lith-Ex.51 Pokrijte čebetom za gašenje požara. Obezbedite ventilaciju u zatvorenom prostoru.</p>	<p>Sačekajte profesionalne ekipe (vatrogasnu službu), pružite im informacije. Kontinuirano praćenje rizika od ponovnog paljenja. Pripremite izveštaj o incidentu, izvršite analizu uzroka.</p>
<p>Električni udar</p> 	<p>Obezbedite bezbednost spasioca (neprovodljiv predmet, rastojanje od 20 metara, isključite struju). Pozovite 112</p>	<p>Uklonite žrtvu sa izvora struje, isključite napajanje, stanite na izolovano tlo. Izvedite brzu kardiopulmonalnu reanimaciju ako je bez svesti. Skinite izgorelu odeću, pristupite kao pacijentu sa traumom.</p>	<p>Prebacite pacijenta u najbližu zdravstvenu ustanovu. Hospitalizacija i 24-48-časovno EKG praćenje u slučaju visokog napona ili sistemskih simptoma.</p>
<p>Curenje gasa</p> 	<p>Ne paničite, uspostavite bezbednosni perimetar, pozovite nadležne jedinice (npr. 187)</p>	<p>Zatvorite gasni ventil, pritisnite dugme za hitno zaustavljanje. Otvorite vrata/prozore, provetrite prostor. Sprečite izvore paljenja (električni prekidači, telefon, cigareta). U slučaju paljenja, prekinite izvor, nemojte koristiti vodu. Koristite LZO. Uklonite otrovanu osobu iz okoline, pružite prvu pomoć (disanje, kiseonik).</p>	<p>Provetrite prostor, proverite detektorima gasa. Pripremite izveštaj o incidentu. Kontinuirano praćenje i pregled bezbednosnih mera.</p>





4. OPERATIVNI KORACI ZA RAZVOJ MODULA ZA OBUKU ZA PREPOZNAVANJE OPASNOSTI ZASNOVANOG NA PROŠIRENOJ/VIRTUELNOJ REALNOSTI (AR/VR)

Tradicionalna obuka za zdravlje i bezbednost na radu (BZR) može imati ograničenja u pogledu zadržavanja znanja i promene ponašanja.⁴⁹ Tehnologije proširene stvarnosti (PR) i virtuelne stvarnosti (VR) nude značajan potencijal za prevazilaženje ovih ograničenja, poboljšavajući percepciju rizika i navike bezbednog ponašanja radnika.⁴³ Ovaj odeljak će opisati korak-po-korak procese za razvoj modula obuke za prepoznavanje opasnosti zasnovanog na PR/VR.

4.1. ANALIZA POTREBA ZA OBUKOM I POSTAVLJANJE CILJEVA

Prvi i najvažniji korak u razvoju modula je sprovođenje sveobuhvatne analize potreba.

Analiza trenutnog stanja: Procenjuje se efikasnost tradicionalne obuke o zaštiti i bezbednosti na radu, ograničenja u zadržavanju znanja i nedostatak znanja među nastavnicima/trenerima o AR/VR tehnologijama.⁴⁹ Postojeći podaci o nesrećama i incidentima koji su zamalo promašili se ispituju kako bi se identifikovale najčešće opasnosti i povezane praznine u znanju ili veštinama.

Identifikacija ciljne publike: Utvrđuju se potrebe, stilovi učenja i trenutni nivoi znanja različitih grupa, kao što su serviseri za električna vozila (novozaposleni, iskusno osoblje) i menadžeri za zaštitu i bezbednost na radu koji će dobiti obuku. Na primer, može se ciljati osnovno prepoznavanje opasnosti za novozaposlene i složeni scenariji vanrednih situacija za iskusno osoblje.

Ciljevi obuke: Postavljaju se specifični, merljivi i ostvarivi ciljevi, kao što su prepoznavanje opasnosti od visokog napona, izbor i korišćenje ispravne lične zaštitne opreme, primena procedura zaključavanja/obeležavanja (LOTO), razvoj veština reagovanja u vanrednim situacijama i povećanje ukupne svesti o riziku.⁴³

4.2. RAZVOJ SADRŽAJA I DIZAJN SCENARIJA

Sadržaj obuke i scenariji su osmišljeni u skladu sa utvrđenim potrebama i ciljevima.

Scenariji prepoznavanja opasnosti: Scenariji opasnosti iz stvarnih servisnih okruženja ili oni koji predstavljaju potencijalne rizike su detaljno osmišljeni. Ovi scenariji mogu uključivati oštećene kablove visokog napona, curenje baterija, nepravilno parkirana vozila, neispravnu opremu za punjenje, curenje gasa itd. Scenariji treba da odražavaju probleme iz stvarnog sveta sa kojima se tehničari mogu susresti.



Interaktivni moduli učenja:

VR moduli: Opasni zadaci (npr. scenariji požara, simulacije strujnog udara, hemijskog izlivanja) se izvode u bezbednom virtuelnom okruženju.⁴⁹ Ovi moduli nude korisnicima mogućnost da donose kritične odluke i razvijaju veštine intervencije bez rizika u stvarnom svetu. Na primer, intervencija u slučaju požara baterije ili pružanje prve pomoći tokom strujnog udara može se vežbati u virtuelnom okruženju.

AR moduli: Digitalne informacije (upozorenja o visokom naponu, uputstva za upotrebu lične zaštitne opreme, LOTO tačke, detekcija opasnih gasova, pregrejane komponente) se preklapaju sa stvarnim servisnim okruženjem kako bi se obezbedilo trenutno vođenje i vizuelizacija opasnosti.⁴³

Mehanizmi povratnih informacija i evaluacije: Integrirani su sistemi koji procenjuju korisničke performanse, identifikuju greške i predlažu korektivne mere. Trenutne povratne informacije ubrzavaju proces učenja i sprečavaju ponavljanje grešaka.⁴³

4.3. RAZVOJ I INTEGRACIJA TEHNIČKE INFRASTRUKTURE

Tehnički zahtevi modula obuke se određuju i počinje proces razvoja.

Izbor softverske platforme: Softver za simulaciju se razvija korišćenjem moćnih fizičkih motora poput Unity-ja i programskih jezika kao što su C# i Javascript.⁴⁵ Rešenja poput Havelan-ovog H-ARF-a (Augmented Reality Platform) nude modularnu infrastrukturu koja omogućava razvoj aplikacija na različitim operativnim sistemima.⁴⁶

Izbor hardvera: Hardver kao što su VR slušalice (npr. Oculus, HTC Vive), AR naočare (npr. Microsoft HoloLens) ili pametni telefoni/tableti se biraju na osnovu ciljanog iskustva i budžeta.

Integracija baze podataka: Podaci o obuci (učesće, performanse, stope grešaka, vreme završetka scenarija) se beleže u bazama podataka kao što je MySQL kako bi se omogućilo praćenje i izveštavanje o individualnom i kolektivnom napretku.⁴⁵ Ovi podaci se koriste za merenje efikasnosti obuke i identifikovanje oblasti za poboljšanje.

Integracija sa postojećim sistemima: Razvijeni modul ima za cilj da bude integrativan sa postojećim sistemima upravljanja zaštitom i bezbednošću na radu kompanije (npr. ISO 45001).³² Ova integracija omogućava korelaciju podataka o obuci sa ukupnim bezbednosnim učinkom.

4.4. IMPLEMENTACIJA PILOT PROJEKTA, EVALUACIJA I KONTINUIRANO UNAPREĐENJE

Važno je testirati razvijeni modul u realnim uslovima i podvrgnuti ga kontinuiranom ciklusu poboljšanja.

	<p>Početno treniranje</p>	<p>Razvijeni modul se inicijalno testira sa malom ciljnom publikom. U ovoj fazi se posmatraju tehničke performanse modula, upotrebljivost i ostvarenje ciljeva obuke.</p>
	<p>Analiza performansi</p>	<p>Veštine učesnika u prepoznavanju opasnosti, donošenju odluka i intervenciji mere se kroz podatke zabeležene u okviru simulacije. Analiziraju se stope grešaka, vreme odziva i procenti ispravne primene procedura.</p>
	<p>Prikupljanje povratnih informacija</p>	<p>Detaljne povratne informacije o korisničkom iskustvu, tehničkim problemima, kvalitetu sadržaja i ukupnoj efikasnosti modula obuke prikupljaju se od učesnika i instruktora.</p>
	<p>Ciklus poboljšanja</p>	<p>Modul se kontinuirano poboljšava i ažurira na osnovu prikupljenih podataka i povratnih informacija. Ovo osigurava da sadržaj ostane aktuelan, da se tehnički problemi reše i da se korisničko iskustvo optimizuje.</p>

Obuka zasnovana na AR/VR tehnologiji može promeniti ne samo prenos znanja već i navike radnika u vezi sa „percepcijom rizika“ i „bezbednim ponašanjem“.⁴³ Dok tradicionalne metode pružaju samo „informacije“, AR/VR pruža „iskustvo“. Ovo iskustvo omogućava radnicima da iskuse opasne situacije „kao da su stvarne“, povećavajući svest o riziku i pojačavajući bezbedno ponašanje.⁴³ Shodno tome, cilj je razviti razumevanje ne samo „šta treba raditi“ već i „zašto to raditi“, što dovodi do promene ponašanja. Ovo značajno povećava zadržavanje znanja i stope primene u stvarnom životu.

Tabela ispod sumira proces razvoja modula za obuku za prepoznavanje opasnosti zasnovane na AR/VR tehnologiji i njegove ključne komponente.

Etapla	Podkoraci	Ključne aktivnosti	AR/VR Integracija	Očekivani Rezultati
1. Analiza Potreba	Analiza trenutnog stanja, identifikacija ciljne publike, postavljanje ciljeva obuke	Pregledati podatke o nesrećama/zamalo nesrećnim slučajevima, sprovesti ankete/intervjue, prikupiti mišljenja stručnjaka za zaštitu i bezbednost na radu.	Vizualizujte rizike i opasnosti u 3D formatu kako biste identifikovali potencijalna područja za obuku.	Jasni ciljevi obuke, profil ciljne publike, prioritetni scenariji opasnosti.
2. Razvoj Sadržaja	Scenariji prepoznavanja opasnosti, interaktivni moduli učenja, mehanizmi povratnih informacija	Pišite realistične scenarije, 3D modeliranje, animacije, interaktivne tokove zadataka, scenarije grešaka.	Doživite opasne situacije u bezbednom okruženju uz pomoć virtuelne stvarnosti (VR). Preklopite digitalna upozorenja i smernice preko stvarnog okruženja uz pomoć proširene stvarnosti (AR).	Detaljna dokumentacija scenarija, biblioteka 3D resursa, interaktivni moduli za obuku.
3. Tehnička Infrastruktura	Izbor softverske platforme, izbor hardvera, Integracija baze podataka, Integracija postojećeg sistema	Razvijte softver pomoću Unity/C#/Javascript -a. Nabavite VR/AR slušalice. Podesite MySQL bazu podataka. Integrišite se sa ISO 45001.	Formirajte tehničku osnovu simulacije. Obezbedite realističnu fiziku i vizuelizaciju.	Funkcionalni softver, kompatibilan hardver, sistem za snimanje podataka, integraciona infrastruktura.
4. Pilot Implementacija	Obuka pilota, analiza učinka, prikupljanje povratnih informacija Ciklus poboljšanja	Sprovedite probnu obuku sa malom grupom. Izmerite učinke učesnika. Prikupite povratne informacije putem anketa i intervjuja.	Procenite korisničko iskustvo i efikasnost obuke u realnim uslovima.	Izveštaj o poboljšanju modula, ažurirani scenariji, tehničke ispravke.





5. DIZAJN POSTERA: „VODIČ ZA BEZBEDAN RAD U SERVISIRANJU ELEKTRIČNIH VOZILA“

Bezbednosni posteri su efikasan način da se vizuelno i sažeto prenesu važne bezbednosne informacije. Ovaj odeljak će predstaviti svrhu bezbednosnih postera, ključne principe dizajna koji poboljšavaju njihovu efikasnost i preporuke za dizajn postera „Vodič za bezbedan rad u servisiranju električnih vozila“.

5.1. SVRHA I EFIKASNOST BEZBEDNOSNIH POSTERA

Bezbednosni posteri se koriste za privlačenje pažnje radnika⁵⁵, pojačavanje bezbednosnih poruka⁵⁵, podršku obuci⁵⁶, povećanje svesti i negovanje pozitivne bezbednosne kulture na radnom mestu.⁵⁵

Svrha: Posteri treba da istaknu specifična bezbednosna pitanja, ciljaju na stvarne probleme i podstaknu pozitivne akcije.⁵⁵ Oni vizuelno pojačavaju informacije date na obuci, pomažući radnicima da zapamte i primene bezbednosna pravila.

Metode za povećanje efikasnosti:

- Postavljanje i rotacija: Postere treba redovno premeštati na različite lokacije i postavljati na različita „vruća mesta“ (toaleti, prostorije za odmor, ulazi, satovi za evidenciju radnog vremena, liftovi) gde se često viđaju.⁵⁵ Posteri koji se predugo ostavljaju na istom mestu vremenom postaju neprimećeni.⁵⁶
- Učestalost ažuriranja: Većina stručnjaka za bezbednost veruje da česta promena postera povećava njihovu efikasnost.⁵⁵ Nove boje, vizuelni elementi i slogani privlače pažnju.
- Jasna i jedinstvena poruka: Posteri treba da sadrže jednu, jasnu i razumljivu poruku.⁵⁶ Treba izbegavati složene fraze i prekomerne informacije.
- Upotreba humora: Kada je prikladno, humor može povećati pamtljivost poruke.⁵⁵ Međutim, humor možda nije pogodan za svaku temu bezbednosti.⁵⁶





5.2. OSNOVNI PRINCIPI DIZAJNA

Prilikom dizajniranja efikasnog postera o bezbednosti, moraju se uzeti u obzir principi vizuelne komunikacije.

Vizuelna hijerarhija i jasna poruka: Hijerarhija u dizajnu osigurava da su važne informacije (naslov, glavna poruka) istaknute vizuelnom težinom, veličinom, bojom ili položajem.⁵⁶ Poruka treba da bude lako čitljiva, razumljiva i jasna, izbegavajući nepotrebnu gužvu.⁵⁵

Boja, balans, kontrast i originalnost: Svetle boje i visok kontrast mogu biti privlačni⁵⁶, ali ne treba preterivati. Uravnotežena raspodela vizuelne težine (simetrična ili asimetrična ravnoteža) stvara estetski izgled.⁵⁷ Originalni vizuelni elementi i teme pomažu radnicima da primete poster.⁵⁵

Prikladnost publici i pozitivan pristup: Poruka treba da bude prikladna za nivo znanja ciljne publike (tehničari, novi zaposleni) i ne treba da koristi snishodljiv jezik prema iskusnim zaposlenima. Treba usvojiti pozitivan, ohrabrujući ton, a poruke „radi“ treba da budu prednost u odnosu na poruke „ne radi“.⁵⁵

Vizuelna pismenost i kulturna prikladnost: Efikasnost postera o bezbednosti zavisi ne samo od principa tehničkog dizajna, već i od nivoa „vizuelne pismenosti“ ciljne publike i „kulturne dinamike“ njihovog radnog okruženja. Na primer, upotreba humora možda nije prikladna u svakom okruženju ili za svaku temu bezbednosti.⁵⁶ Poster ne treba samo da prenose informacije, već i da služe za izgradnju „kulture“ bezbednosti uzimajući u obzir vrednosti i percepcije radnika. To znači da poster, kao sredstvo komunikacije, treba da odražavaju i oblikuju kulturu bezbednosti, a ne samo da prenose informacije.



5.3. PREPORUKE ZA DIZAJN POSTERA „VODIČ ZA BEZBEDAN RAD U SERVISIRANJU ELEKTRIČNIH VOZILA“

Za poster pod nazivom „Vodič za bezbedan rad u servisiranju električnih vozila“ mogu se razmotriti sledeće preporuke za dizajn:

Fokus sadržaja:

- Upozorenja o visokom naponu: Vizuelni prikazi narandžastih kablova visokog napona⁹, opasnih nivoa napona (npr. „400V+“, „800V+“)², i lokacija i važnost prekidača za utikač/isključivanje.⁸
- Upotreba LZO: Jasni, razumljivi vizuelni prikazi osnovne LZO kao što su izolovane rukavice, štitnici za lice, odeća otporna na luk, izolovane obuće i kratka uputstva za upotrebu.⁹
- LOTO procedura: Jednostavni vizuelni prikazi uređaja za zaključavanje/označavanje (brava, oznaka) i jasna upozorenja poput „ISKLJUČI!“, „NE KORISTI!“.²²
- Brojevi za hitne slučajeve: Važni brojevi za hitne slučajeve kao što su vatrena pomoć (112), hitna pomoć (112), gas (187) treba da budu istaknuti.
- Bezbednost baterije: Temperatura baterije, idealan nivo napunjenosti (20%-80%)¹⁴, upozorenja o mehaničkim oštećenjima i simptomi termičkog prestanka (dim, miris).⁹
- Pravilo jedne ruke / Zabrana rada samostalno: Jednostavne ikone ili tekstualni podsetnici koji ilustruju ova pravila.¹⁷

Vizuelni elementi i slogani:

- Treba koristiti jasne, jednostavne i privlačne ikone i piktograme.⁵⁸
- Treba usvojiti minimalistički dizajn i princip „manje je više“.⁵⁸
- Treba dati prednost kratkim, pamtljivim sloganima (npr. „Visok napon, visoka uzbuna!“, „Bezbednost u vašim rukama!“, „Bezbednost na prvom mestu, usluga na drugom!“).
- Mogu se odabrati realistični ili karikaturalni vizuelni elementi⁵⁹ koji privlače ciljnu publiku (tehničare).
- Paleta boja treba da uključuje boje upozorenja i opasnosti (žuta, narandžasta, crvena), ali generalno da predstavlja čist i profesionalan izgled.

Strategije postavljanja: Postere treba postaviti na strateškim lokacijama kao što su ulazi u servisne zone, prostorije za odmor, stanice za punjenje i blizu opreme pod visokim naponom u opasnim zonama.⁵⁶ Preporučuje se redovna rotacija i ažuriranje postera kako bi se održala svežina i svest o poruci.⁵⁵



Primer dizajna postera (sa tekstualnim opisom):

Naslov postera: Vodič za bezbedan rad u servisu električnih vozila

Koncept dizajna: Minimalistički i zasnovan na ikonama, sa lako razumljivim porukama. Glavne boje: Tamnoplava (pozadina), jarko narandžasta (visok napon/upozorenje), bela (tekst), žuta (oprez).

Gornji deo (oblast za naslov i logo):

- Naslov: „VODIČ ZA BEZBEDAN RAD U SERVISU ELEKTRIČNIH VOZILA“ (Veliki, podebljani, beli font)
- Podnaslov/slogan: „Visok napon, visoka uzbuna! Bezbednost u vašim rukama.“ (Manji, beli font)
- Logo kompanije ili logo zaštite na radu u gornjem desnom uglu.

Srednji deo (glavne oblasti za poruke - raspored u 3 kolone):

Kolona 1: BEZBEDNOST PRI VISOKOM NAPONU

Ikona: Jarko narandžasti simbol munje za visoki napon.

Tekst:

- „400V - 800V+“ (Veliki, narandžasti font)
- „Narandžasti kablovi: Visok napon!“
- „Izvucite utikač, sačekajte 5 minuta!“
- „Nikada ne secite kablove visokog napona!“
- „Primenite pravilo jedne ruke.“
- „Nikada ne radite sami!“

Kolona 2: LIČNA ZAŠTITNA OPREMA (LZO)

Ikona: Simboli za kacigu, rukavice, naočare.

Tekst:

- „Ispravna LZO spasava živote!“
- Izolovane rukavice: EN 60903 (odgovarajuće klasi)
- Štitnik za lice/kaciga sa viziorom: Protiv lučnog luka
- Odeća otporna na luč: Proverite ATPV/EBT vrednost
- Izolovana obuća: S3 standard
- Respiratorna maska: Protiv toksičnih gasova
- „Pregledajte svoju LZO pre svake upotrebe.“



SAFE WORK GUIDE IN ELECTRIC VEHICLE SERVICE



High Voltage, High Alert! Safety in Your Hands.

HIGH VOLTAGE SAFETY



**400V
-800V+**



**Pull Service
Plug,
Wait 5 Minutes!**



**Never Cut
High Voltage
Cables!**

**Orange
Cables:
High
Voltage!**



**Apply One
Hand Rule.**



**Never
Work Alone!**





Kolona 3: HITNO SITUACIJE I INTERVENCIJA

Ikona: Plamen, strujni udar, simboli gasa.

Tekst:

- „Ne paničite! Reagujte odmah!“
- Požar: „Pozovite vatrogasnu službu (112).“ „Hladiti vodom (10 sati termalne kamere).“ „Koristite AVD/Lith-Ex aparat za gašenje požara.“
- Električni udar: „Pozovite hitnu pomoć (112).“ „Isključite struju, pružite prvu pomoć (CPR).“
- Curenje gasa: „Pozovite hitnu pomoć za gas (187).“ „Provetrite prostoriju, izbegavajte varnice.“
- „Upoznajte se sa svojim planom za vanredne situacije, učestvujte u vežbama.“

Donji odeljak (Dodatne informacije i kontakt):

- „Pratite uputstva proizvođača.“ 28
- „Procena rizika i LOTO procedure su od vitalnog značaja.“ 16
- „Konsultujte stručnjaka za zaštitu i bezbednost na radu za više informacija.“
- Kontakt informacije kompanije ili kontakt informacije odeljenja za zaštitu i bezbednost na radu.

Ovaj dizajn postera ima za cilj da brzo prenese osnovne rizike i neophodne mere predostrožnosti za radnike u servisima za električna vozila, kako vizuelno tako i tekstualno. Jasnim ikonama, privlačnim bojama i kratkim, akciono orijentisanim porukama, povećaće svest radnika i ojačati bezbedne radne navike.



SAFE WORK GUIDE IN ELECTRIC VEHICLE SERVICE



High Voltage, High Alert! Safety in Your Hands.

HIGH VOLTAGE SAFETY



400V – 800V+

**Orange Cables:
High Voltage!**

**Pull Service Plug,
Wait 5 Minutes!**

**Never Cut
High Voltage Cables!**

**Apply One
Hand Rule.**

Never Work Alone

PERSONAL PROTECTION



**Wear Insulating
Gloves!**

Use Safety Footwear!

**Always Wear
Eye Protection!**

**Choose Protective
Clothing!**

**Wear Required
Respirator**

Never Work Alone

EMERGENCY AND INTERVENTION



Don't Panic! Act Now!

Fire:

Call Fire Dept (112)

**Cool with Water
(10 Hre Thermal
Camera Monitor).**

**Use AVD/Lith-Ex
Extinguisher.**

Electric Shock:

Call Ambulance (112).

**Cut Power, Administer
First Aid (CPR).**

Gas Leak:

Call Gas Emergency (87).

**Ventilate Area,
Avoid Sparks.**

**Know Your Emergency
Plan, Participate in Drills**

Follow Manufacturer Instructions.

**Risk Assessment and LOTO Procedures
Are Vital.**

Consult OHS Expert for More Information.

**Company contact information or OHS department contact
information**



6. ZAKLJUČAK I PREPORUKE

Servisiranje električnih vozila predstavlja budućnost automobilskeg sektora, ali donosi nove i složene rizike po zdravlje i bezbednost na radu kojima je teško upravljati tradicionalnim pristupima. Rezultati ovog izveštaja otkrili su višeslojnu prirodu ovih rizika (visoki napon, termički beg, luk, izloženost hemikalijama, ergonomska naprezanja) i njihove potencijalne kaskadne efekte. Efikasno upravljanje ovim rizicima zahteva ne samo usklađenost sa zakonom, već i proaktivnu kulturu bezbednosti i integrisani pristup usmeren na kontinuirano poboljšanje.

6.1. REZIME KLJUČNIH NALAZA I INTEGRISANI PRISTUP

Glavni rizici koji se javljaju u servisima za električna vozila i strategije za njihovo rešavanje mogu se sumirati na sledeći način:

Rizici visokog napona i LZO: Sistemi visokog napona u električnim vozilima (400V-800V i više) predstavljaju vitalne opasnosti kao što su strujni udar, luk i termički beg. Upotreba specijalizovane lične zaštitne opreme, uključujući izolovane rukavice u skladu sa standardima EN 60903, odeću otpornu na luk u skladu sa standardima ASTM F1959/IEC 61482, štitnike za lice i izolovane obuće, obavezna je protiv ovih rizika. Ključno je tretirati LZO ne kao pojedinačne predmete, već kao „sistem zaštite“ i osigurati njeno redovno održavanje.

Bezbedne radne procedure: Postupci energetske izolacije i zaključavanja/obeležavanja (LOTO) su osnovne metode administrativne kontrole za sprečavanje neočekivanog oslobađanja energije. Principi „pravila jedne ruke“ i „nikada ne radi sam“ su od vitalnog značaja, posebno kod električnih radova visokog rizika, kako bi se ublažile posledice potencijalnih nesreća i osigurala hitna intervencija. Sve operacije moraju se obavljati u strogom skladu sa uputstvima proizvođača kako bi se pratio korak sa brzim tehnološkim napretkom.

Analiza rizika i faktori životne sredine: Sveobuhvatne procene rizika (npr. analiza stabla kvarova) treba da se sprovode u servisnim zonama za rizike od požara, hemijske (posebno elektrolite baterija i rashladna sredstva), ergonomske (rukovanje teškim baterijama) i mehaničke rizike. Moraju se preduzeti mere predostrožnosti kao što su fizičko odvajanje zona punjenja, zaštita od mehaničkih oštećenja i pravilno odlaganje litijum-jonskih baterija.

- •
- •
- •
- •
- •
- •



Upravljanje vanrednim situacijama: Detaljni i uvežbani planovi za vanredne situacije moraju biti na snazi za vanredne situacije kao što su požar, strujni udar i curenje gasa. Zbog jedinstvenih karakteristika požara u električnim vozilima, kao što su visoke temperature, oslobađanje toksičnih gasova i tendencija ponovnog paljenja, trebalo bi usvojiti strategiju „kontrola i hlađenja“ (posebno produženo hlađenje vodom) umesto „gašenja“. U slučajevima strujnog udara, bezbednost spasilaca i brza kardiopulmonalna reanimacija uz upućivanje stručnog medicinskog osoblja su od najveće važnosti, dok su kod curenja gasa prioriteta sprečavanje izvora paljenja i obezbeđivanje ventilacije.

Obuka uz podršku AR/VR: S obzirom na ograničenja tradicionalne obuke, simulacije zasnovane na AR/VR nude revolucionarni potencijal u poboljšanju prepoznavanja opasnosti, svesti o riziku i veština reagovanja u vanrednim situacijama. Ove tehnologije omogućavaju radnicima da uče o rizicima „iskustveno“, povećavajući zadržavanje znanja i jačajući bezbedno ponašanje. AR/VR se takođe može koristiti kao alat za analizu rizika u realnom vremenu i situacionu svest.

Usklađenost sa zakonskim propisima: U Turskoj, Zakon br. 6331 o bezbednosti i zdravlju na radu, nacionalni standardi zanimanja „Održavanje i popravka baterijskih električnih i hibridnih vozila“, koje je utvrdila Agencija za stručne kvalifikacije (MYK), TSE standardi i međunarodni standardi (OSHA, NFPA, ISO 45001) čine osnovni zakonski okvir u ovoj oblasti.

6.2. KONTINUIRANO UNAPREĐENJE, OBUKA I BUDUĆE PERSPEKTIVE

Kako se tehnologije električnih vozila kontinuirano razvijaju, strategije zaštite i bezbednosti na radu moraju biti dinamične i prilagodljive.

Kontinuirano unapređenje: Sistemi upravljanja zaštitom i bezbednošću na radu (ISO 45001) moraju biti u ciklusu kontinuiranog unapređenja, procene rizika treba periodično ažurirati, a tehnološki razvoj (čvrstostalne baterije, napredni sistemi za upravljanje baterijama) treba pažljivo pratiti. Ovo osigurava da se novi rizici mogu predvideti i preduzeti proaktivne mere.

Obuka i kompetencije: Ključno je da tehničari za električna vozila dobijaju kontinuiranu i specijalizovanu obuku. Sertifikati o kvalifikaciji koje izdaju institucije poput MYK standardizuju kompetencije u ovoj oblasti. Potencijal AR/VR tehnologija za poboljšanje efikasnosti ovih obuka mora se u potpunosti iskoristiti. Obuka treba da ima za cilj razvoj ne samo tehničkog znanja već i praktičnih veština i sposobnosti donošenja odluka.





Proaktivna kultura bezbednosti: Neophodno je uspostaviti proaktivnu kulturu bezbednosti ne samo poštovanjem pravila, već i povećanjem svesti radnika o rizicima i njihovim uključivanjem u bezbednosne procese. Ovo omogućava radnicima da bezbednost posmatraju kao sopstvenu odgovornost i podstiče bezbedno ponašanje na radnom mestu. Alati vizuelne komunikacije poput postera o bezbednosti igraju važnu ulogu u jačanju ove kulture.

Buduće perspektive: Sa razvojem tehnologija električnih vozila (npr. bežično punjenje, pametno upravljanje punjenjem), mogu se pojaviti novi rizici, a strategije zaštite na radu moraju se shodno tome prilagoditi. Aktivnosti istraživanja i razvoja treba da se fokusiraju na bezbednije tehnologije baterija i metode gašenja požara.

Zaključno, zdravlje i bezbednost na radu u operacijama servisiranja električnih vozila je višeslojno i kontinuirano evoluirajuće polje. Sveobuhvatna analiza rizika, pravilna upotreba lične zaštitne opreme, pažljivo primenjene radne procedure, efikasno planiranje za vanredne situacije i integracija inovativnih pristupa obuci podržanih proširenom/virtuelnom realnošću su neophodni za maksimiziranje bezbednosnih standarda u ovoj oblasti. Ovaj integrisani i proaktivni pristup će zaštititi zdravlje i bezbednost radnika i doprineti održivom rastu sektora električnih vozila.



Reference

- ¹ tedas.gov.tr, "Occupational Health and Safety Regulation".
- ² carsguide.com.au, "400V vs 800V: What's the difference? Electric car battery voltage explained".
- ³ neware.net, "Car Battery Voltages".
- ⁴ bluepowertr.com, "What are the different charging levels for electric vehicles".
- ⁵ sssjournal.com, "Examining Firefighters Fighting Fires in Fully Electric Vehicles".
- ⁶ anesteziweblne.com, "Exposure to high voltage electricity lightning".
- ⁷ tkd.org.tr, "Advanced Cardiac Life Support Course / Electricity".
- ⁸ ownersmanual.kia.com, "Other precautions for electric vehicle".
- ⁹ yanginsempozyumu.org, "Fire Symposium 2022".
- ¹⁰ skanwear.com, "ASTM F1959".
- ¹¹ marinatextil.com, "ASTM F1959/F Protection Fabric Standard".
- ¹² basnet.com.tr, "Lithium battery extinguishing".
- ¹³ dergipark.org.tr, "Structure of Electric Cars and Fire Risks".
- ¹⁴ skywell.com.tr, "How many volts do electric cars run on".
- ¹⁵ spinny.com, "EV Maintenance Best Practices".
- ¹⁶ emo.org.tr, "EKED-LOTO".
- ¹⁷ portal.myk.gov.tr, "16UMS0517-4 Rev 01 Battery Electric and Hybrid Vehicle Maintenance and Repairman".
- ¹⁸ csgb.gov.tr, "MTA PPE Guide".
- ¹⁹ usakisg.meb.gov.tr, "EK-4 KKD EN STANDARTLARI REHBERY.doc".
- ²⁰ jbttools.com, "Safety Equipment and Best Practices for EV Work".
- ²¹ otokocotomotiv.com.tr, "Otokoc Otomotiv Emergency Plan".
- ²² ekedpronet.com, "OSHA".
- ²³ blog.komponentci.net, "Things to Consider When Using Electrical Safety Measuring Instruments".
- ²⁴ isgfrm.com, "Having Electrician Personnel on Night Shift".
- ²⁵ calismaortami.fisek.org.tr, "Working Alone and Occupational Safety".
- ²⁶ wirechiefelectric.com, "Why You Shouldn't Attempt Electrical Work On Your Own".
- ²⁷ hrphoenix.com, "9 Dangers of Not Hiring a Professional for Electrical Work".
- ²⁸ isgTurkiye.com, "Safety recommendations for electric vehicle fires".
- ²⁹ mtegm.meb.gov.tr, "MOTORLU ARAÇLAR TEKNOLOJİSİ ALANI/KALFALIK/OTOMOTİV_ ELEKTRİKÇ.docx".
- ³⁰ kalite.uludag.edu.tr, "Electric Hand Tools Usage Instruction".
- ³¹ lexpera.com.tr, "TEİAŞ Occupational Health and Safety Regulation".
- ³² intertek-turkey.com, "ISO 45001 Occupational Health and Safety Management System".
- ³³ elektriktesisatportali.com, "Electric vehicle fire risk assessment framework using fault tree analysis section-1".



- 34 safezonejournal.com, "The Most Technological Hazard in Workplaces: Electric Vehicles and Charging Stations".
- 35 oshwiki.osha.europa.eu, "Electromobility".
- 36 klimamontaj.com.tr, "How to understand if there is a gas leak in the air conditioner".
- 37 klimasistemi.com, "Things to Consider When Changing Electric Air Conditioner Gas in Vehicles".
- 38 macsmobileairclimate.org, "HFO-1234yf Specific Safety Procedures".
- 39 forum.donanimhaber.com, "Which Air Conditioner Should Be Preferred R32 Gas R410 Gas Difference".
- 40 nj.gov, "1,1,2-Trichloro-1,2,2-Trifluoroethane Hazardous Substance Fact Sheet".
- 41 hpkon.net, "Safety Rules and Measures to be Taken in the Transmission and Storage of Hydrogen Gas Fuels".
- 42 ugetam.istanbul, "Natural Gas Fire Intervention Techniques".
- 43 journalwjarr.com, "Augmented Reality for Hazard Identification Risk Assessment".
- 44 frontiersin.org, "The Adoption of XR in OSH".
- 45 safedrivingssimulator.com, "Virtual reality based simulation applications".
- 46 havelsan.com, "Simulation and Training Technologies Catalog".
- 47 simovate.com, "Virtual testing of production processes with VR and AR".
- 48 pixcap.com, "Augmented Reality in Education and Training".
- 49 safezonejournal.com, "VR and AR Based OHS Training Virtual Reality and Risk Awareness".
- 50 isosenerji.com, "Electric vehicle safety at charging stations".
- 51 protek.gen.tr, "AVD portable lithium ion battery fire extinguisher aqueous vermiculite dispersion".
- 52 tahlিয়েplanlari.com, "ADP CHP07 Gas Leak MEB".
- 53 baskentdogalgaz.com.tr, "Emergencies".
- 54 yegitek.meb.gov.tr, "Evaluation of Augmented Reality Applications in Education".
- 55 compliancesigns.com, "Why Use Safety Posters".
- 56 seekurico.be, "Guaranteed Effective Safety Posters".
- 57 dendro.com.tr, "Basic Design Principles".
- 58 teknolojitasarimci.com, "Universal Design and Principles".
- 59 tr.pinterest.com, "Occupational Health and Safety".
- 60 mevzuig.com, "OHS Poster".
- 61 gun.av.tr, "New Electric Vehicle Import Regulations in Turkey".
- 62 osha.gov, "1910.302 - Electric utilization systems".
- 63 otomol.com.tr, "Periodic Maintenance and Repair in Electric Cars".
- 64 hdisigorta.com.tr, "How often is electric vehicle inspection done".
- 65 csgb.gov.tr, "Frequently Asked Questions".
- 66 ergosafepartner.com, "Lone Worker Safety System".



- 
- ⁶⁷ csgb.gov.tr, "Occupational Health and Safety in Auto Spare Parts Production".
- ⁶⁸ tubitak.gov.tr, "TÜBİTAK 24-25 R&D and Innovation Topics".
- ⁶⁹ kho.msu.edu.tr, "Armed Unmanned Aerial Vehicles: AR Drone".
- ⁷⁰ web.itu.edu.tr, "Earthing Regulations in Electrical Installations".
- ⁷¹ megep.meb.gov.tr, "Earthing System in HV Installations".
- ⁷² nfpa.org, "NFPA 70E Team Training".
- ⁷³ protek.gen.tr, "Fire Detection Systems".
- ⁷⁴ voltify.com.tr, "Best Tracking and Security Systems for Electric Vehicles".
- ⁷⁵ roadsafetyatwork.ca, "Electric Vehicle Safety".
- ⁷⁵ roadsafetyatwork.ca, "Electric Vehicle Safety".
- ⁷⁶ emo.org.tr, "Energy Cut-off Method".
- ⁷⁷ gulecmuhendislik.net, "Occupational Safety in Electrical Work".
- ⁷⁸ spinalbulten.com, "AR and Virtual Reality".
- ⁷⁹ epa.gov, "Refrigerant Safety".
- ⁸⁰ dukasafety.com, "The Place of Electrical Occupational Safety in Turkish Legislation".
- ⁸¹ guvenliinsaat.csgb.gov.tr, "OHS Topics / Electrical Work".
- ⁸² ktu.edu.tr, "Occupational Health and Safety Practices".
- ⁸³ gmgenvirosafe.com, "Electric Vehicle Repair Safety".
- ⁸⁴ naruc.org, "Electric Vehicle Case Study Catalog".
- ⁸⁵ youtube.com, "How to Properly Service R1234yf A/C Systems".
- ⁸⁶ kalite.sinop.edu.tr, "Sinop University Occupational Health and Safety Internal Directive".





Rečnik pojmova

VDV (Vodena disperzija vermikulita): Sredstvo za gašenje požara na bazi vermikulita na bazi vode, posebno dizajnirano za gašenje, kontrolu i hlađenje požara litijum-jonskih baterija.

LUK: Iznenadno i snažno pražnjenje energije u visokonaponskim električnim kolima, što rezultira visokom temperaturom, svetlošću i talasom pritiska.¹⁰

VTPL (Vrednost termičke performanse luka): Količina energije koju materijal može da izdrži pre nego što izazove opekotine drugog stepena ili se otvori kada je izložen električnom luku

EPO (Energija praga otvaranja): Količina energije koju materijal može da izdrži pre nego što se otvori pre opekotina drugog stepena

EMP (Elektromagnetno polje): Magnetna polja povezana sa visokim strujama u električnim vozilima koja mogu izazvati vrtložne struje u ljudskom telu.

LZO (Lična zaštitna oprema): Oprema dizajnirana da zaštiti radnike od opasnosti na radnom mestu.

SHP (Suvi hemijski prah): Fine hemijske čestice koje se koriste u gašenju požara, deluju kao usporivač plamena.

LOTO (Zaključavanje/Označavanje): Bezbednosna procedura koja se primenjuje da bi se sprečilo neočekivano pokretanje mašine ili uređaja ili oslobađanje opasne energije.

AED (Automatizovani eksterni defibrilator): Prenosivi medicinski uređaj koji pomaže u vraćanju srca u normalan ritam primenom električnog šoka u slučajevima srčanih aritmija.

VR (Virtuelna stvarnost): Tehnologija koja potpuno uranja korisnika u digitalno okruženje, izolujući ga od stvarnog sveta.⁴⁹

AR (Proširena stvarnost): Tehnologija koja preklapa digitalne informacije (tekst, slike, 3D) modeli) na slike iz stvarnog sveta, obogaćujući stvarnost.





Avrupa Birliđi tarafından
finanse edilmektedir



MERGING VET WITH AR: EXPLORING THE POTENTIAL OF AUGMENTED REALITY APPLICATIONS IN VEHICLES

2024-1-TRO1-KA220-VET-000256976

Funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or the European Education and Culture Executive Agency (EACEA). Neither the European Union nor EACEA can be held responsible for them.



Technical University of Sofia
We succeed!

