

Senzori, aktuatori i sistemi automatskog upravljanja u elektricnim vozilima - dio 1

Senzori i aktuatori u električnim vozilima

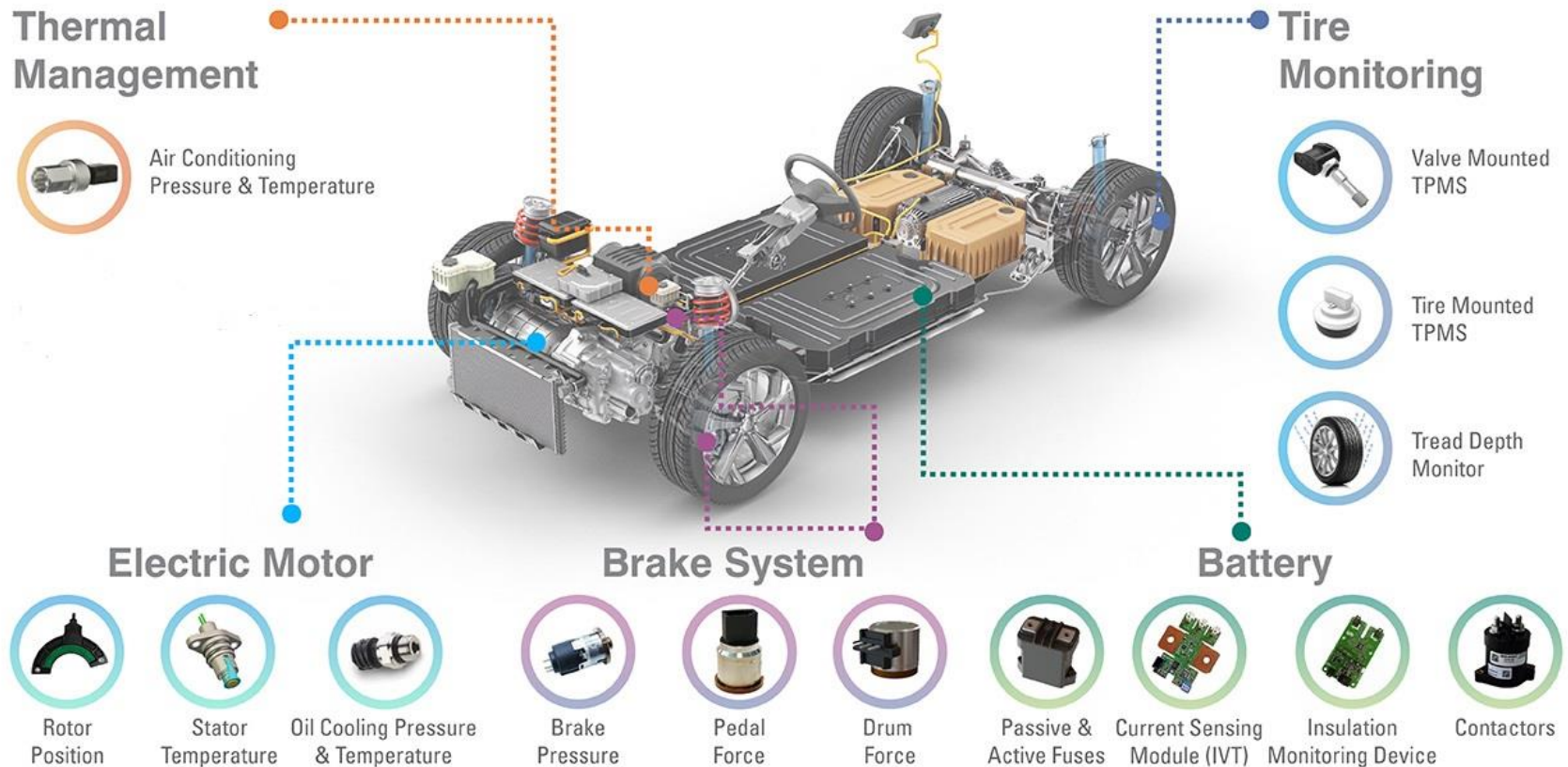
Nataša Popović, PhD

1. Senzori

- ✓ Senzori su jedni od ključnih dijelova električnog vozila.
- ✓ To su elektronski sistemi koji prate različite parametre (temperaturu, sistem za hlađenje, itd.), kvarove i prepreke, upozoravaju vozače i šalju signal ECU-u elektronskoj upravljačkoj jedinici vozila kako bi se izvršila odgovarajuća podešavanja parametara.
- ✓ U oblasti električnih vozila koja se brzo razvija, senzori služe kao osnova funkcionalnosti i performansi vozila.
- ✓ Ovi sofisticirani uređaji su ključni za praćenje i kontrolu različitih aspekata rada električnih vozila, obezbjeđujući optimalnu efikasnost, bezbjednost i pouzdanost.

1. Senzori

- ✓ Senzori igraju ključnu ulogu u električnim vozilima tako što podržavaju:
 - upravljanje baterijom i temperaturom,
 - napredne sisteme za pomoć vozačima,
 - personalizaciju ambijenta unutar kabine.



1. Senzori

1.1 Senzori pozicije

- ✓ Prikupljaju podatke o mehaničkom kretanju iz motora kako bi se obezbijedilo da sistem radi u na odgovarajući način. Nakon što se podaci o ugaonom položaju zabilježe, kontroler motora ili jedinica za kontrolu motora (MCU) pretvara ih u električne impulse.

Tip senzora

Funkcija

Praćenje
pozicije/ugla
motora

Procjenjuje se položaj/ugao
motora pomoću rezolvera za
upravljanje DC motorom.



Praćenje
brzine motra

Procjenjuje se brzina motora
pomoću rezolvera za upravljanje
DC motorom.



1. Senzori

1.2 Senzori struje

- ✓ Senzori struje predstavljaju jednu od ključnih komponenti u električnim vozilima, jer omogućavaju precizno praćenje i upravljanje protokom električne energije u različitim dijelovima sistema. Njihova primarna funkcija je da mjere koliko struje prolazi kroz određene komponente, čime doprinose sigurnosti, efikasnosti i optimizaciji rada vozila.
 - Baterijski sistem: Senzori struje nadgledaju tok električne energije tokom punjenja i pražnjenja baterije. Na osnovu ovih podataka sistem određuje preostali kapacitet baterije (State of Charge – SoC), zdravlje baterije (State of Health – SoH), kao i dinamiku punjenja.
 - Pogon električnog vozila: U motorima i invertorima, senzori struje omogućavaju preciznu regulaciju obrtnog momenta i snage. Bez tačnog mjerenja struje, upravljanje motorom bi bilo neefikasno ili nesigurno.
 - Zaštita sistema: U slučaju preopterećenja, kratkog spoja ili drugih električnih anomalija, senzori struje brzo detektuju problem i aktiviraju zaštitne mehanizme kako bi se spriječila oštećenja.
 - Upravljanje energijom: Na osnovu podataka sa senzora struje, sistem može optimizovati raspodjelu energije između različitih potrošača (klima uređaj, svjetla, punjenje, pogon itd.), čime se produžava domet i povećava energetska efikasnost.
- ✓ Moderni senzori struje koriste tehnologije kao što su Hall-efekat ili šant otpornici, i često su integrisani sa digitalnim kontrolerima za brzu i preciznu obradu podataka. Njihova pouzdanost i preciznost su od suštinskog značaja za sveukupan rad električnog vozila.

1. Senzori

Tip senzora

Lokacija i funkcija

Senzor struje u integrisanom punjaču (OBC - Onboard Charger)

Senzori se nalaze na primarnoj i na sekundarnoj strani za upravljačke petlje i štite od kvara usljed prekomjernog strujnog opterećenja.

DC/DC senzor struje

Senzori se nalaze na primarnoj strani, kao i na sekundarnoj strani, koriste se za zaštitu na primarnoj strani i za operacije u upravljačkoj petlji na sekundarnoj strani.

Senzor struje za upravljanje baterijom

Samostalni i ugrađeni senzori struje su neophodni u sistemima za upravljanje baterijama za izračunavanje stanja napunjenosti (state-of-charge) i stanja zdravlja baterije (state-of-health).

Senzor struje vučnog motora

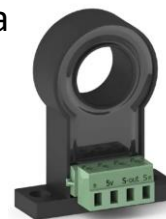
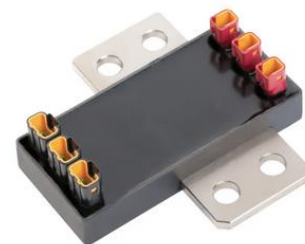
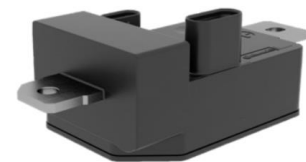
Mjeri struju koja prolazi kroz vučni motor električnog vozila. Ovi senzori su ključni za praćenje performansi motora, jer omogućavaju tačno mjerenje struje koja je potrebna za upravljanje motorom i njegovim performansama.

Senzor struje motora

Meri struju koja prolazi kroz elektromotor, bez obzira na tip motora (DC, AC, asinhroni, sinkroni itd.). Ovaj senzor je ključan za pravilno upravljanje motorom, jer omogućava nadzor struje u realnom vremenu i pomaže u optimizaciji performansi motora.

Senzor struje u sistemima prenosa

Mjeri struju u prenosnom sistemu vozila, posebno u sistemima za prenos snage u električnim ili hibridnim vozilima. Ovaj senzor pra struju koja prolazi kroz komponente prenosa snage, kao što su elektromotori, mjenjači, ili invertori, kako bi osigurao efikasnost sistema prenosa i zaštitu od potencijalnih problema poput prekomjernog opterećenja ili pregrijavanja.



1. Senzori

1.3 Senzori napona

- ✓ Senzori napona predstavljaju važan dio elektronskog sistema električnih vozila, jer omogućavaju precizno mjerenje električnog potencijala između dvije tačke u sistemu. Njihova uloga je ključna u nadzoru stanja baterije, upravljanju napajanjem i detekciji grešaka u realnom vremenu.
 - Praćenje stanja baterije: Senzori napona mjere napon pojedinačnih ćelija ili cjelokupnog baterijskog paketa. Na osnovu ovih vrijednosti određuje se stanje napunjenosti (State of Charge – SoC), što omogućava tačnu procjenu dometa vozila i optimalno punjenje.
 - Detekcija grešaka: Nagli pad ili porast napona može ukazivati na potencijalni kvar, kratki spoj, oštećenu ćeliju ili loš kontakt. Senzori napona omogućavaju brzu detekciju i aktivaciju zaštitnih mehanizama.
 - Upravljanje energijom: U kombinaciji sa senzorima struje, senzori napona omogućavaju izračunavanje snage, što je neophodno za efikasno upravljanje energijom unutar vozila.
 - Stabilnost sistema: Električna vozila koriste kompleksne energetske sisteme sa različitim naponima (npr. visokonaponski sistem za pogon i niskonaponski za elektroniku i rasvjetu). Senzori napona osiguravaju da se svi dijelovi sistema napajaju stabilno i u okviru dozvoljenih granica.
- ✓ Senzori napona u savremenim EV-ovima su precizni, brzi i otporni na temperaturne promjene i elektromagnetne smetnje. Njihova tačnost direktno utiče na sigurnost, performanse i dugovječnost električnog vozila.

1. Senzori

Vrsta senzora

Funkcija

Senzor napona u integrisanom punjaču (OBC - Onboard Charger)

Senzor napona prati veličinu napona na ulazu/izlazu DC/DC pretvarača. Za mjerenje visokog napona obično se koristi otpornik za djelitelj napona koji smanjuje napon na bezbjedan nivo pogodan za mjerenje. Takođe, galvanska izolacija se često primjenjuje kako bi se spriječila opasnost usljed visokog napona i osigurala bezbjednost sistema i korisnika. Ova tehnologija omogućava precizno nadgledanje napona i zaštitu električnog sistema vozila od prenapona.

DC/DC senzor napona

Senzor napona na primarnoj strani prati visoke vrijednosti napona baterije. Za mjerenje ovog visokog napona najčešće se koristi delitelj napona koji omogućava da se napon smanji na nivo pogodan za obradu i analizu.

Senzor napona za upravljanje baterijom

Integrisana kola za nadzor baterije (Battery Monitoring ICs) mjere napone ćelija, kao i struju i temperaturu, i vrše balansiranje ćelija kako bi nadgledala i zaštitila baterijski sistem.



1. Senzori

1.4 Senzori temperature

- ✓ U baterijskom sistemu, senzori su instalirani direktno u baterijske ćelije, omogućavajući precizno mjerenje temperature i regulisanje procesa grijanja i hlađenja kako bi svaka ćelija radila u bezbjednom temperaturnom opsegu. U slučaju pregrijavanja, kontinuirano praćenje može pokrenuti bezbjednosne mjere, kao što su isključivanje baterije ili smanjenje brzine punjenja, i omogućiti procjenu stanja baterije.
- ✓ U električnom motoru senzori se koriste za mjerenje temperature namotaja motora, temperature u ležajevima i drugim dijelovima motora. Takođe obezbjeđuju pouzdanost motora i osiguravaju da ne dođe do grešaka u vezi sa generisanjem obrtnog momenta, upravljanjem ili efikasnošću.
- ✓ Senzori temperature u kabini električnog vozila omogućavaju vozaču i putnicima da regulišu sistem za grijanje, ventilaciju i klimatizaciju (HVAC) radi postizanja maksimalnog komfora.

1. Senzori

Tip senzora	Funkcije
Senzor temperature u integrisanom punjaču (OBC - Onboard Charger), Senzor temperature kod DC/DC	Kolo za praćenje temperature održava funkcionalnim tranzistore tokom njihovog aktivnog rada provjeravajući temperaturu kućišta ili unutrašnju temperaturu, u zavisnosti od pozicije senzora. Sistem se trenutno isključuje čim temperatura pređe zadati prag.
Senzor temperature za upravljanje baterijom	Integrisana kola za nadzor baterije (Battery monitoring ICs) mjere temperaturu i vrše balansiranje ćelija kako bi nadgledala i zaštitila baterijske ćelije.
Senzor temperature vučnog motora	Prati se temperatura IGBT tranzistora (Insulated Gate Bipolar Transistor) kako bi se sistem zaštitio od kvarova usljed pregrevanja.



1. Senzori

1.5 Pressure Sensors

- ✓ Senzori pritiska igraju ključnu ulogu u bezbjednosti i efikasnosti električnih vozila. Njihova primarna funkcija je praćenje i detekcija promjena pritiska u različitim sistemima vozila.

Tip senzora

Funkcije

Baterijski sistem

Senzori pritiska nadgledaju potencijalno opasne promene, poput porasta pritiska unutar baterijskih ćelija koji može ukazivati na pregrevanje ili ispuštanje gasova (tzv. „venting“). Pravovremena detekcija omogućava aktivaciju zaštitnih mehanizama.

Sistem za upravljanje termalnim uslovima

U sistemima za hlađenje i grejanje, senzori pritiska omogućavaju optimizaciju rada pumpi i ventilatora, čime se čuva temperatura pogonskog sistema i baterije u dozvoljenim granicama.

Pneumatski i kočioni sistemi

Kod vozila koja koriste pneumatske komponente ili regenerativno kočenje, senzori pritiska obezbeđuju tačnu kontrolu i pouzdan rad.



1. Senzori

1.6 Napredni sistemi za pomoć vozačima

- ✓ Senzori za detekciju objekata i prepreka u električnim vozilima ključni su za sigurnost vozila, naročito u kontekstu autonomne vožnje i asistencije vozaču. Ovi senzori omogućavaju vozilu da prepozna i reaguje na različite prepreke, bilo da se radi o drugim vozilima, pješacima, biciklistima ili statičkim objektima kao što su saobraćajni znakovi ili ograde. Postoji nekoliko vrsta senzora koji se koriste u električnim vozilima za detekciju objekata i prepreka, a svaki od njih ima specifične prednosti i primene.
- ✓ **Cruise control and autopilot:** Helps drivers maintain consistent speed and lane discipline while monitoring surrounding traffic to prevent collisions. Advanced cruise control and autopilot systems automatically accelerate, decelerate, and stop in response to traffic signals, vehicles, objects, or pedestrians.
- ✓ **Autonomous or assisted parking:** Guides drivers by incrementally turning the steering wheel and moving forward or in reverse to fit into tight spaces on city streets or in crowded parking garages.
- ✓ **Automatic emergency braking:** Identifies potential collision scenarios, alerts the driver, and activates braking systems. Advanced ADAS can take additional preventive actions, such as incrementally reducing speed or engaging adaptive steering to avoid accidents.
- ✓ **Crosswind stabilization:** Maintains stability by detecting and counteracting crosswind pressure, dynamically adjusting wheel motor control units (MCUs) and braking systems.

1. Sensori

- ✓ **Navigation:** Provides on-screen instructions and voice prompts, allowing drivers to follow planned or dynamic routes while keeping their eyes on the road. Most systems display real-time traffic data and suggest alternative routes to avoid congestion.
- ✓ **Adaptive light and beam control:** Adjusts headlights at night or during inclement weather. These systems detect the intensity of other vehicles' lights, modifying headlight strength, direction, and rotation accordingly.
- ✓ **Night vision:** Boosts visibility in low-light conditions, with active systems projecting infrared light and passive systems analyzing thermal energy from other objects.
- ✓ **Blind-spot monitoring:** Alerts drivers when objects are detected in traditional blind spots, including the areas directly behind the vehicle and rear sides.



1. Senzori

Ultrasonic Sensors

- ✓ Ultrazvučni senzori koriste zvučne talase visoke frekvencije za detekciju objekata u neposrednoj blizini vozila. Ovi senzori su često postavljeni na prednjem, zadnjem i bočnim dijelovima vozila. Oni omogućavaju detekciju prepreka tokom manevrisanja u uskim prostorima, kao što su parking mjesta, kao i kod malih brzina. Ultrazvučni senzori su veoma precizni na kratkim distancama, ali nisu efikasni na većim udaljenostima.



Radar Sensors

- ✓ Radarski senzori koriste radio talase za detekciju objekata na većim udaljenostima. Ovi senzori su izuzetno efikasni u lošim vremenskim uslovima (magla, kiša, snijeg) jer rade nezavisno od vidljivosti. Radarski senzori omogućavaju precizno određivanje brzine objekta, što je korisno za adaptivni tempomat i sisteme za automatsko kočenje (AEB - Automatic Emergency Braking).



1. Senzori

LIDAR (Light Detection and Ranging)

- ✓ LIDAR je napredna tehnologija koja koristi lasere za skeniranje okolnog prostora i mapiranje objekata u 3D prostoru. LIDAR omogućava visoku preciznost u detekciji objekata, čak i na velikim udaljenostima. Ovaj senzor stvara detaljnu mapu okoline, što je esencijalno za autonomna vozila koja zahtijevaju precizne informacije za kretanje u složenim saobraćajnim uslovima. Međutim, LIDAR senzori su skuplji od radarskih i ultrazvučnih senzora, što ih čini manje uobičajenim u nekim tipovima vozila.



Cameras

- ✓ Kamere pružaju vizuelne informacije o okolini vozila, što je korisno za prepoznavanje objekata, znakova, linija na putu i drugih vizuelnih markera. Kamere se koriste zajedno sa naprednim algoritmima za prepoznavanje slike i vještačkom inteligencijom za detekciju i klasifikaciju objekata, poput pješaka, biciklista ili drugih vozila. Kamere su obično postavljene na prednjem, zadnjem i bočnim dijelovima vozila.



2. Aktuatori

- ✓ Aktuatori su ključni komponenti električnih vozila (EV) koji pretvaraju električnu energiju u mehaničko kretanje, omogućavajući upravljanje različitim funkcijama vozila.
- ✓ Oni igraju važnu ulogu u pogonskom sistemu, kočionom mehanizmu, upravljanju i drugim sistemima, osiguravajući optimalne performanse, sigurnost i udobnost.
- ✓ U automobilskim sistemima, aktuatori djeluju kao posrednici između fizičkih radnji koje se dešavaju unutar automobila i upravljačkih sistema. Efektivna selekcija tehnika upravljanja zavisi od tačnih mjerenja i procjene uslova rada električnog vozila.

2. Aktuatori

- ✓ Tipovi aktuatora u električim vozilima su sljedeći.



2.1 Električni motori (pogonski aktuatori)

- ✓ Pokreću električna vozila, pretvaraju električnu energiju iz baterije u rotaciono kretanje.
- ✓ Koriste se sinhroni i asinhroni motori, često s permanentnim magnetima.
- ✓ Upravlja se putem invertora koji regulišu brzinu i obrtni momenat



2.2 Linearni aktuatori (za prigušnice, ventile)

- ✓ Koriste se za precizno pomjeranje komponenti (npr. regulacija protoka rashladne tečnosti).
- ✓ Primjeri: aktuatori za otvaranje/ zatvaranje ventila u baterijskom sistemu.

2. Aktuatori

2.3 Elektromehanički kočioni aktuatori (Brake-by-Wire)

- ✓ Zamjenjuju tradicionalne hidraulične kočione sisteme (npr. u regenerativnom kočenju).
- ✓ Povećavaju energetska efikasnost vraćanjem energije u bateriju.

2.4 Aktuatori upravljača (Steer-by-Wire)

- ✓ U modernim električnim vozilima, mehanička veza između volana i točka se zamjenjuje električnim sistemom.
- ✓ Osiguravaju preciznije upravljanje i prilagodljivost.



2.5 HVAC aktuatori

- ✓ Upravlja protokom vazduha i temperaturom u kabini.
- ✓ Pogonjeni električnim motorima umjesto klasičnih mehaničkih ventila.



2.6 Aktuatori za aktivnu aerodinamiku

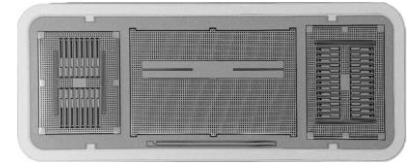
- ✓ Upravljaju pokretnim elementima (npr. spojlerima, rešetkama) za smanjenje otpora vazduha.

3. MEMS tehnologija

- ✓ MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) su minijturni senzori i aktuatori koji kombiniraju električne i mehaničke komponente na integrisaom kolu. U električnim vozilima ova tehnologija igra ključnu ulogu u poboljšanju performansi, efikasnosti i bezbjednosti..

3.1 Inercijalni senzori (IMU - Inertial Measurement Unit)

- ✓ Mjeri ubrzanje, nagib i ugaone brzine vozila.
- ✓ Koristi se za:
 - Sprečava je prevrtanja u kritičnim situacijama.
 - Prilagođava je amortizera u zavisnosti od terena.
 - Autonomnu vožnju – omogućava preciznu navigaciju i kontrolu položaja vozila.



3.2 Senzori pritiska

- ✓ Primjenjuju se u:
 - Baterijskim sistemima – za praćenje pritiska rashladne tečnosti.
 - Kočionim sistemima – detektuju pritisak u hidrauličnim/električnim kočnicama (brake-by-wire).
 - Pneumaticima – osiguravaju optimalne performanse guma.

3. MEMS tehnologija

3.3 Senzori gasova i kvaliteta vazduha

- ✓ Detektuju nivo štetnih gasova u kabini:
 - CO, NOx, VOC – pokreću cirkulaciju i filtriranje vazduha.
 - Upozorava na emisiju gasova iz baterije (H₂, CO₂).
- ✓ Povezani sa pametnim sistemom za ventilaciju za automatsko osvježavanje vazduha.



3.4 MEMS Microphones for Noise Control

- ✓ Pomažu u smanjenju buke i vibracija unutar vozila.
- ✓ Povećavaju komfort u vožnji.

3.5 MEMS aktuatori za precizno upravljanje

- ✓ Koriste se u:
 - Aktivnoj aerodinamici – automatsko podešavanje spojlera i rešetki za smanjenje otpora vazduha..
 - Sistemu za klimu – precizna regulacija protoka vazduha u kabini.

3. MEMS tehnologija

Prednosti MEMS tehnologije

- ✓ Minijaturnost – zauzimaju malo prostora, što je idealno za kompaktne EV sisteme.
- ✓ Niska potrošnja energije – ne opterećuju bateriju.
- ✓ Visoka osjetljivost i brz odziv – ključno za bezbjednosne sisteme.
- ✓ Mogućnost masovne proizvodnje – niska cijena u odnosu na performanse.

Izazovi

- ✓ Otpornost na visoke temperature – baterijski i pogonski sistemi oslobađaju toplotu.
- ✓ Pouzdanost u ekstremnim uslovima – moraju raditi pouzdano i na niskim temperaturama.
- ✓ Unakrsna osjetljivost - neki senzori reaguju na više gasova istovremeno.

Budućnost MEMS u električnim vozilima

- ✓ Pametni senzori sa AI – automatsko učenje i adaptivno upravljanje.
- ✓ Bežični MEMS senzori – smanjenje osjetljivosti na elektromagnetne smetnje.
- ✓ Nano-MEMS – veća osjetljivost i duže trajanje.

5. Zaključak

- ✓ U budućnosti, integracija različitih tipova senzora i naprednih algoritama za obradu podataka će poboljšati tačnost i efikasnost mjernih sistema a električna vozila će učiniti sigurnijim i pametnijim.
- ✓ S razvojem autonomne vožnje i pametnih vozila, aktuatori će postati još pametniji, s integracijom vještačke inteligencije za adaptivno upravljanje. Tendencija je prema modularnim aktuatorskim sistemima koji se mogu nadograđivati.
- ✓ Aktuatori su "mišići" električnih vozila, omogućavajući im brz, precizan i energetski efikasan rad.
- ✓ MEMS tehnologija predstavlja temelj modernih električnih vozila, omogućavajući pametnija, bezbednija i efikasnija vozila. Kako EV tehnologija napreduje ka potpunoj autonomiji, MEMS senzori i aktuatori će imati sve važniju ulogu u inteligenciji vozila i interakciji sa okolinom..