



Avrupa Birliđi tarafından  
ortak finanse edilmektedir



# AR-VET

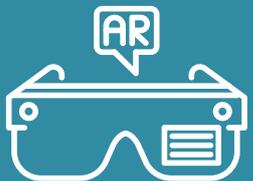


## РЕВОЛЮЦИОНИЗИРАНЕ НА ПРОФЕСИОНАЛНОТО ОБРАЗОВАНИЕ: AR ОБУЧЕНИЕ ЗА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛИ



2024-1-TRO1-KA220-VET-000256976

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



AR-VET





Avrupa Birliđi tarafından  
ortak finanse edilmektedir



# AR-VET

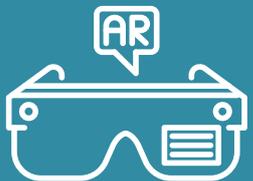


AVTORI: İOANA PAVLVOA, VALENTIN MILENOV,  
DİMİTİR GİNÇEV  
PREVOD I REDAKCIJA: İOANA PAVLOVA, VALENTIN MILENOV,  
DİMİTİR GİNÇEV, KRISTINA MITKOVA  
ISBN:  
İZDATEL: İOANA PAVLOVA



2024-1-TRO1-KA220-VET-000256976

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



AR-VET



# ПАРТНЬОРИ ПО ПРОЕКТА



Проектът е финансиран от Европейския съюз. Изразените възгледи и мнения са само на авторите и не отразяват непременно тези на Европейския съюз или на Европейската изпълнителна агенция за образование и култура (EACEA). Нито Европейският съюз, нито EACEA носят отговорност за тях.



Technical University of Sofia  
We succeed!



# СЪДЪРЖАНИЕ



## ПРЕГЛЕД НА ПРОЕКТА

ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА С БАТЕРИИ

ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЗАДВИЖВАЩА ПОДСИСТЕМА

ФИЗИЧЕСКИ КОНТРОЛ, ПОДДРЪЖКА И ОБУЧЕНИЕ ЗА РЕМОТ НА ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛ И СВЪРЗВАЩИ ЕЛЕМЕНТИ

ИСТОРИЯ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

ТЕХНИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА АС/DC ТЕХНОЛОГИИ ЗА ЗАРЕЖДАНЕ И БЪРЗИ ЗАРЯДНИ СИСТЕМИ

ОСНОВИ НА СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ, ОКАЧВАНЕ И СПИРАНЕ

НИВА НА ИНТЕГРАЦИЯ И АРХИТЕКТУРИ

AR/VR ОБУЧИТЕЛЕН СЦЕНАРИЙ: СИМУЛАЦИЯ НА ПОВРЕДА В СПИРАЧНАТА СИСТЕМА И РАБОТЕН ПРОЦЕС ЗА РЕМОТ

РЕАЛНИ КАЗУСИ

ИНТЕРАКТИВНИ МОДУЛИ ЗА ПРЕДАВАНЕ НА ДВИЖЕНИЕ И ДИНАМИКА НА ПРЕВОЗНОТО СРЕДСТВО

ЗДРАВΟΣЛОВНИ И БЕЗОПАСНИ УСЛОВИЯ НА ТРУД ПРИ СЕРВИЗ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА: ЦЯЛОСТЕН АНАЛИЗ И НАРЪЧНИК ЗА ПРИЛАГАНЕ

РИСКОВЕ ПРИ РАБОТА С ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ И ЛИЧНИ ПРЕДПАЗНИ СРЕДСТВА

АНАЛИЗ НА РИСКОВЕТЕ В СЕРВИЗНИТЕ ЗОНИ И ОПЕРАТИВНИ СЪПКИ ЗА AR/VR-БАЗИРАНИ СИМУЛАЦИИ

АВАРИЙНИ СЦЕНАРИИ: ДЕЙСТВИЯ ПРИ ПОЖАР, ЕЛЕКТРИЧЕСКИ УДАР, ИЗТИЧАНЕ НА ГАЗ И ДР.

ОПЕРАТИВНИ СЪПКИ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА AR/VR МОДУЛ ЗА ОБУЧЕНИЕ ПО РАЗПОЗНАВАНЕ НА ОПАСНОСТИ

ДИЗАЙН НА ПЛАКАТ: „НАРЪЧНИК ЗА БЕЗОПАСНА РАБОТА ПРИ СЕРВИЗИРАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА“

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБЩИ ПРЕПОРЪКИ





# Преглед на Проекта

Учебната програма интегрира най-съвременни технологии за добавена реалност (AR) с изчерпателно съдържание, свързано с ЕПС – обхващащо батерийни системи, технологии за задвижване, преобразуватели, инфраструктура за зареждане и протоколи за безопасност.

Чрез съчетаване на теория, практически казуси, интерактивни симулации и визуални материали програмата повишава ангажираността на учащите, задълбочава разбирането и подпомага усвояването на знания.

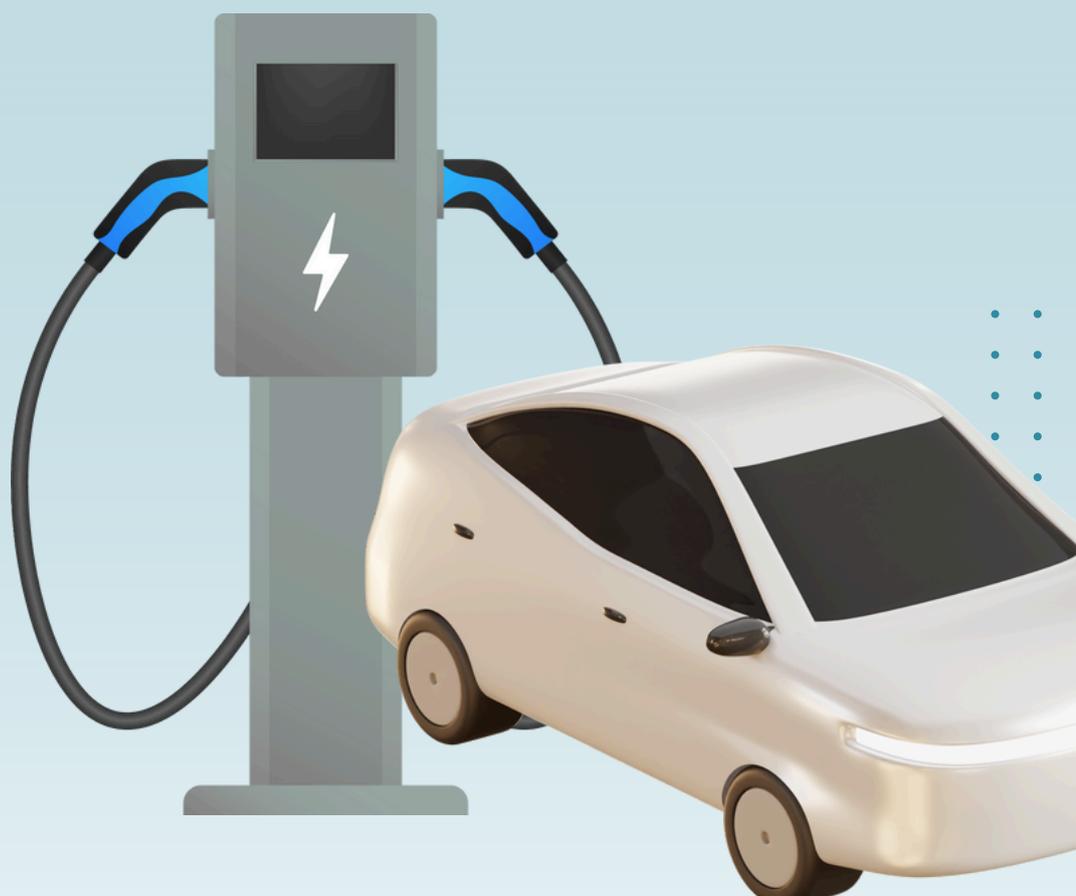
В крайна сметка, проектът има за цел да подготви обучаемите за устойчиви на бъдещето кариери в автомобилния сектор, като преодолее пропастта между съществуващото професионално обучение и изискванията на следващото поколение автомобилни технологии.





# Глава - 1

# ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА С БАТЕРИИ





# 1-ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА С БАТЕРИИ

Общата конфигурация на електрически автомобил с батерия (BEV) е представена схематично на Фигура 1. Както е показано, задвижващата система се състои от три основни подсистеми: **подсистема за електрическо задвижване, подсистема за енергиен източник, спомагателна подсистема.**

Подсистемата за електрическо задвижване включва електродвигател за тягово задвижване, силов преобразувател, електронен блок за управление, система за термично управление и механична трансмисия.

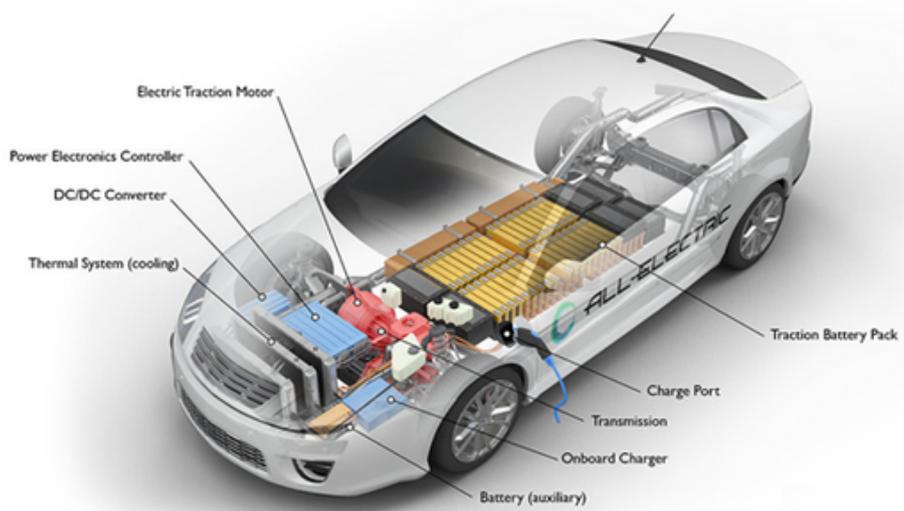
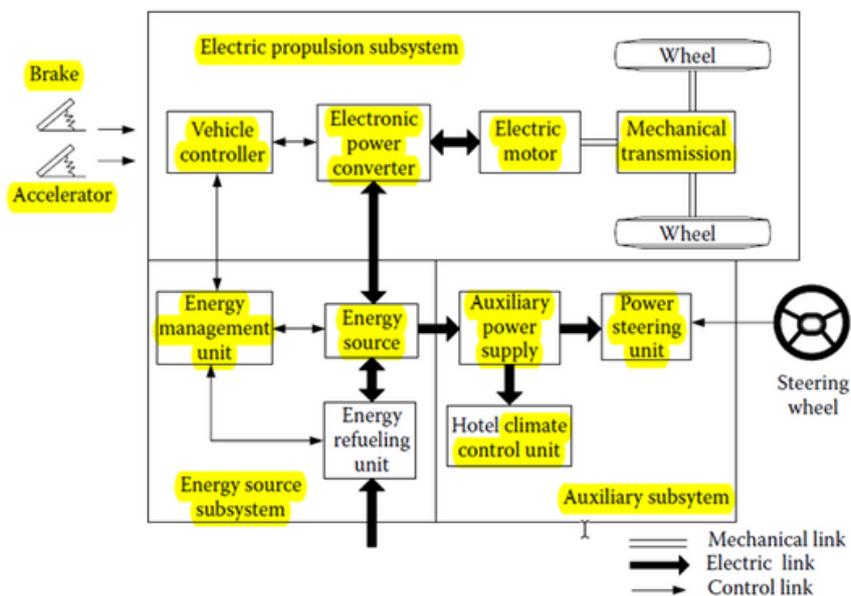
- **Електродвигателят** получава енергия от тяговата батерия и задвижва колелата на превозното средство. В съвременните BEV се използват мотор-генератори, които изпълняват както функцията по задвижване, така и регенеративното спиране.
- **Контролерът за силова електроника** управлява потока на електрически ток, подаван от тяговата батерия, като регулира скоростта на електродвигателя и въртящия момент.
- **Система за термично управление (охлаждане)** – поддържа оптимален температурен режим за двигателя, електродвигателя, силовата електроника и други компоненти.
- **Механична трансмисия (електрическа)** – предава механичната енергия от електродвигателя към колелата.

**Подсистемата за енергиен източник включва батерията, блока за управление на енергията и звено за зареждане.**

- **Тяговата батерия** съхранява електроенергия за захранване на електродвигателя.
- **Спомагателната батерия** осигурява електроенергия за бордовите системи и аксесоари.
- **DC/DC преобразувателят** понижава напрежението от високоволтовата батерия до по-ниско, необходимо за аксесоарите и зареждане на спомагателната батерия.
- **Зарядният порт** позволява свързване на автомобила към външен източник на енергия за зареждане на тяговата батерия.

**Бордовият заряден модул** преобразува подаваната променливотокова електроенергия (AC) в постояннотокова (DC) за зареждане на тяговата батерия. Същевременно осъществява комуникация със зарядното оборудване и следи параметри като напрежение, ток, температура и степен на заряд.

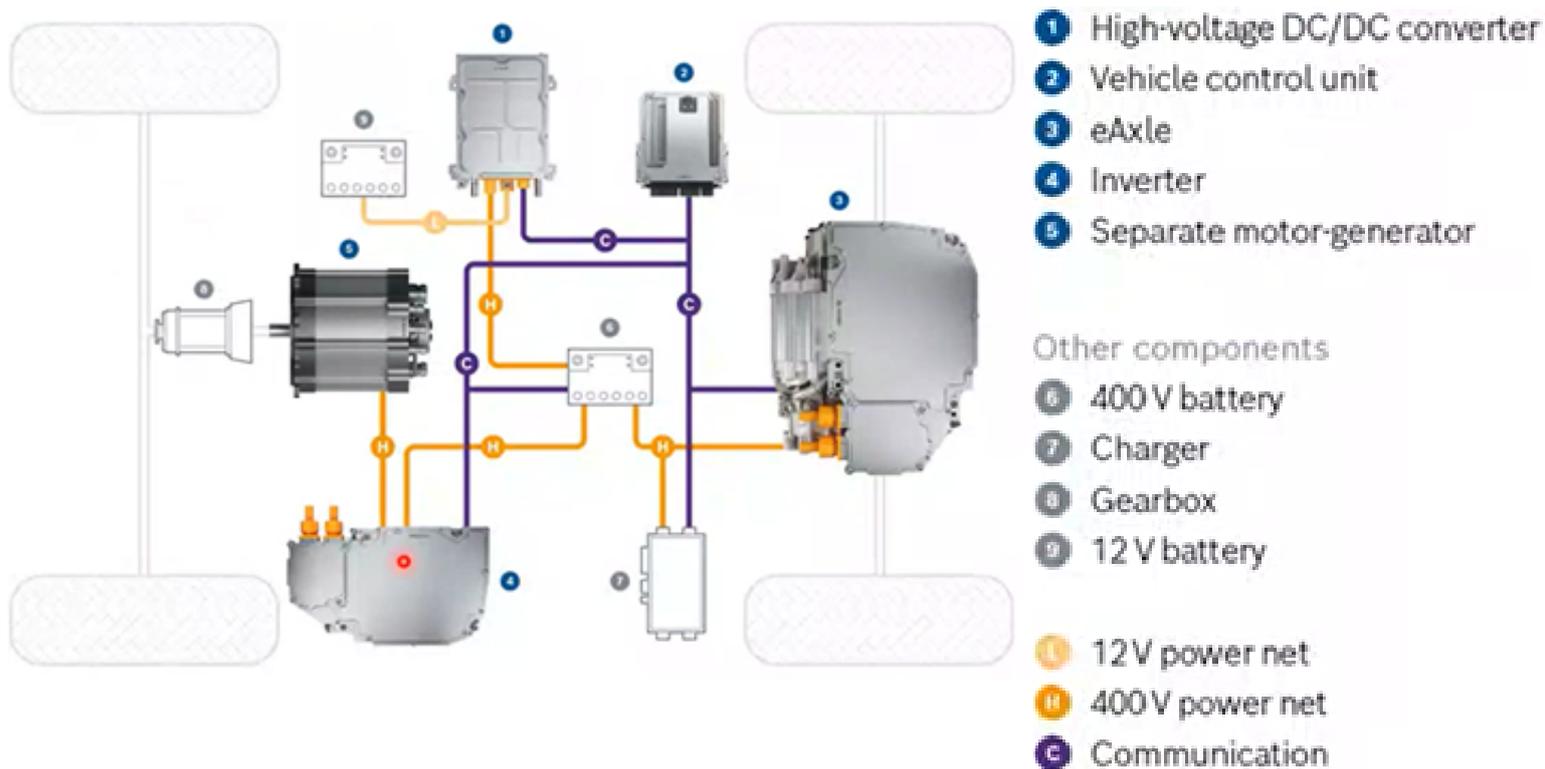
Спомагателната подсистема се състои се от блок за електроусилване на кормилното управление, климатична система (HVAC) и блок за допълнително захранване.



Фигура 1. Концептуална илюстрация на обща конфигурация на електрически автомобил (BEV)



Фигура 2 показва също различни видове компоненти на електрическата задвижваща система. Електрическата задвижваща система на автомобила включва високоволтов DC/DC преобразувател (1), контролен блок на превозното средство (2), система eAxle (мотор и трансмисия, силова електроника), инвертор (4), отделен мотор-генератор (5), 400 V батерия (6), зарядно устройство (7), скоростна кутия (8), 12 V батерия (9).



Фигура 2. Системи за задвижване на електрически автомобили



## 1.1 - ЕЛЕКТРИЧЕСКА ЗАДВИЖВАЩА ПОДСИСТЕМА

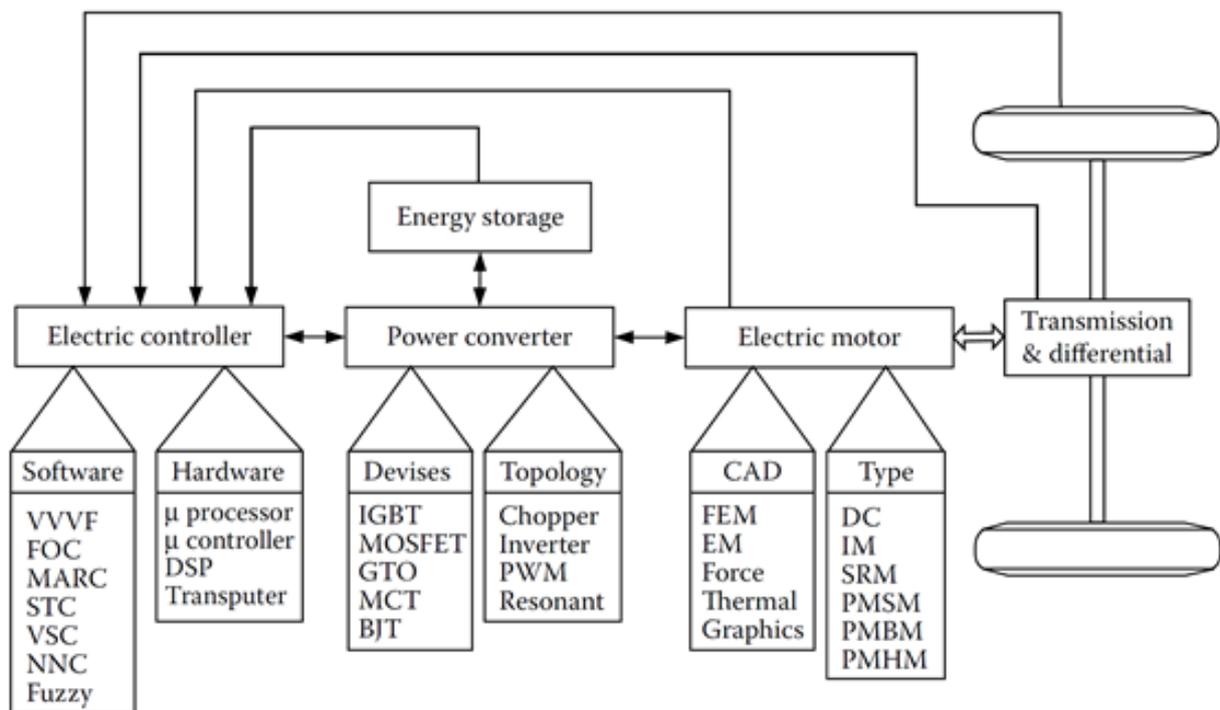
Електрическите задвижващи системи са в основата на електрически превозни средства с батерия (BEV). Те се състоят от електродвигатели, силови преобразуватели и електронни контролери, както е показано на Фигура 3.

Електродвигателят изпълнява две основни функции:

1. преобразува електрическата енергия в механична, за да задвижва автомобила;
2. позволява регенеративно спиране и/или генериране на електроенергия.

Силивият преобразувател е „мозъкът“ на електрическото превозно средство – осигурява двупосочен контрол на напрежението и тока между електродвигателя и бордовата система за съхранение на енергия.

Блокът за управление на превозното средство (VCU) получава сигнали от водача чрез педала на ускорението и педала на спирачката и изпраща управляващи команди към силивия преобразувател, който регулира работата на електродвигателя така, че да се постигне необходимият въртящ момент и скорост.



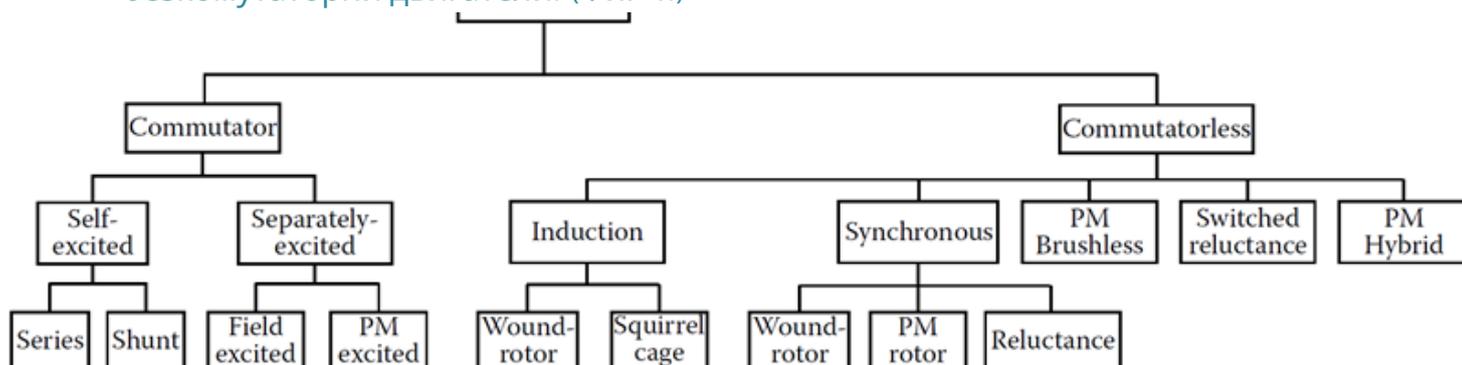
Фигура 3. Функционална блок-схема на типична електрическа задвижваща система.

## 1.1.1 – ВЪВЕДЕНИЕ В ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИТЕ

Двигателите, използвани в електрически и хибридни превозни средства (EVs и HEVs), трябва да отговарят на специфични изисквания: чести стартирания и спирания, високи скорости на ускорение и забавяне, висок въртящ момент при ниски скорости (например при изкачване), нисък въртящ момент при високи скорости (круиз режим), широк диапазон на обороти.

Задвижванията за електромотори в EV могат да бъдат разделени в две основни групи:

- комутаторни двигатели;
- безкомутаторни двигатели. (Фиг 4.)

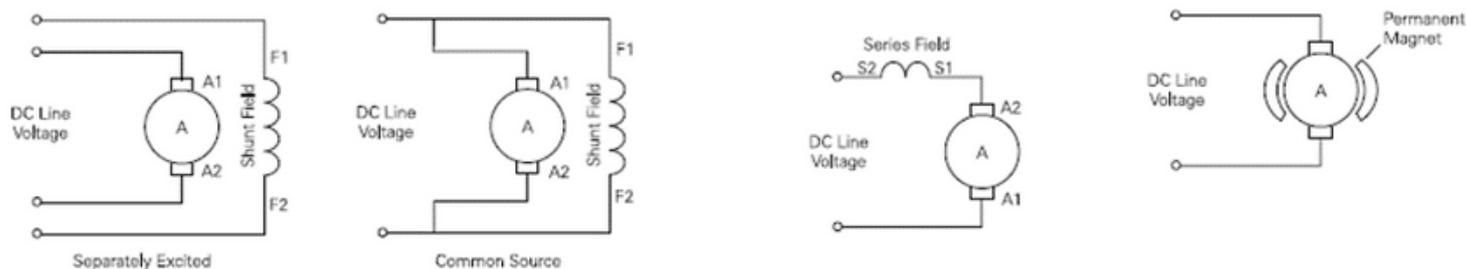


Фигура 4. Електрически двигатели за приложения в електрически превозни средства

### 1.1.1.1 – ПОСТОЯННОТОКОВИ ДВИГАТЕЛИ

Постояннотоковите (DC) двигатели са известни като комутаторни. В електрическите задвижващи системи се използват различни видове:

- с последователно възбуждане,
- с паралелно възбуждане,
- със смесено възбуждане,
- с постоянни магнити (PM).



Фигура 5. Видове постояннотокови двигатели

Постояннотоковите двигателите използват колектори и четки за подаване на ток в котвата (Фигура 6). Това ги прави по-малко надеждни и неподходящи за експлоатация без поддръжка, както и за високи скорости. При постояннотокови двигатели се наблюдава спад в ефективността поради загряване в четките.

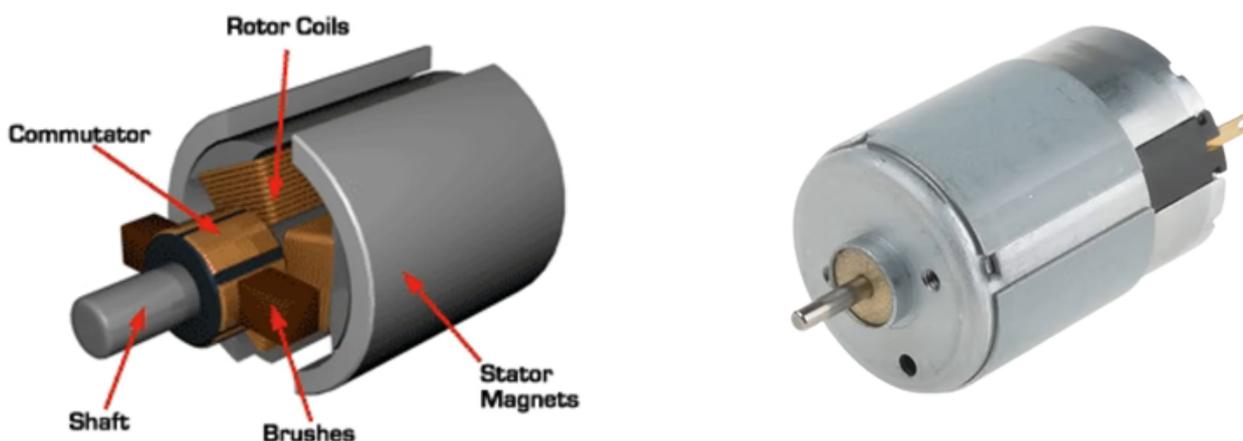
Поради тези недостатъци постояннотоковите двигатели не са подходящи за съвременните електрически превозни средства.

Безчеткови двигатели с постоянни магнити (BLDC) – представляват алтернатива на четковите постояннотокови двигатели. Те са по-надеждни и по-подходящи за експлоатация без поддръжка. Характеризират се с:

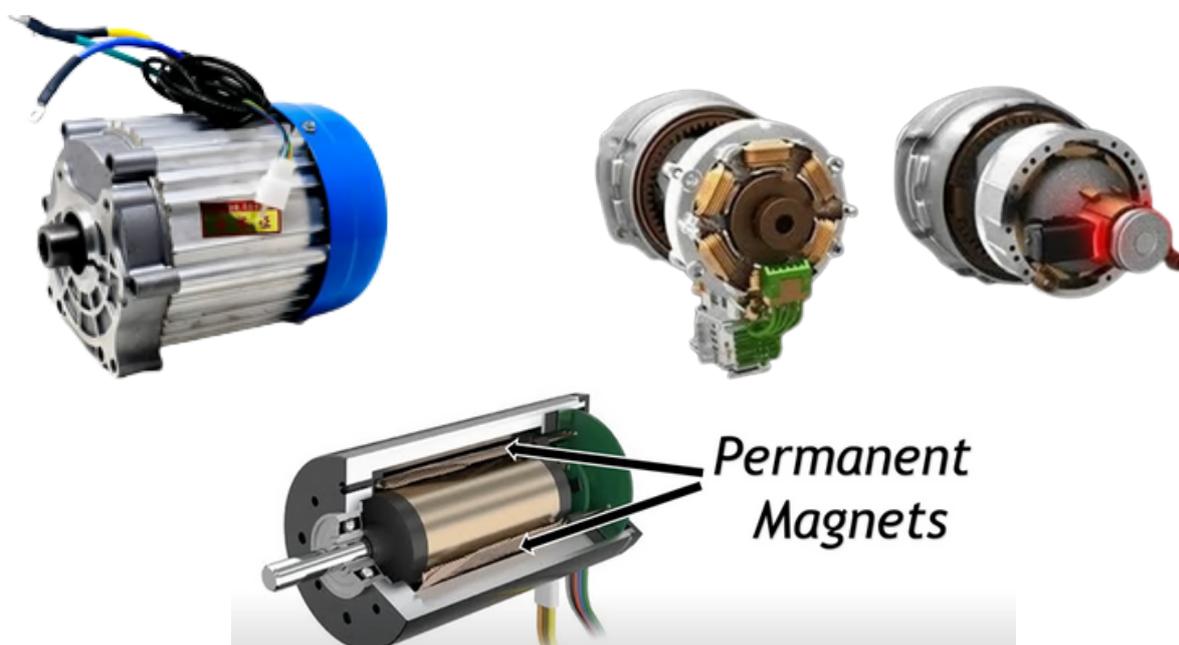
- висок пусков въртящ момент,
- висока ефективност,
- висока плътност на мощността (подходящи за маломощни EV до ~60 kW).

Недостатъци:

- ограничен постоянен работен диапазон на мощността;
- въртящият момент намалява при увеличаване на скоростта;
- по-висока цена поради използването на редки земни метали в магнитите.



Фигура 6. Четков постояннотоков двигател



Фигура 7. Безчетков постояннотоков двигател (BLDC)

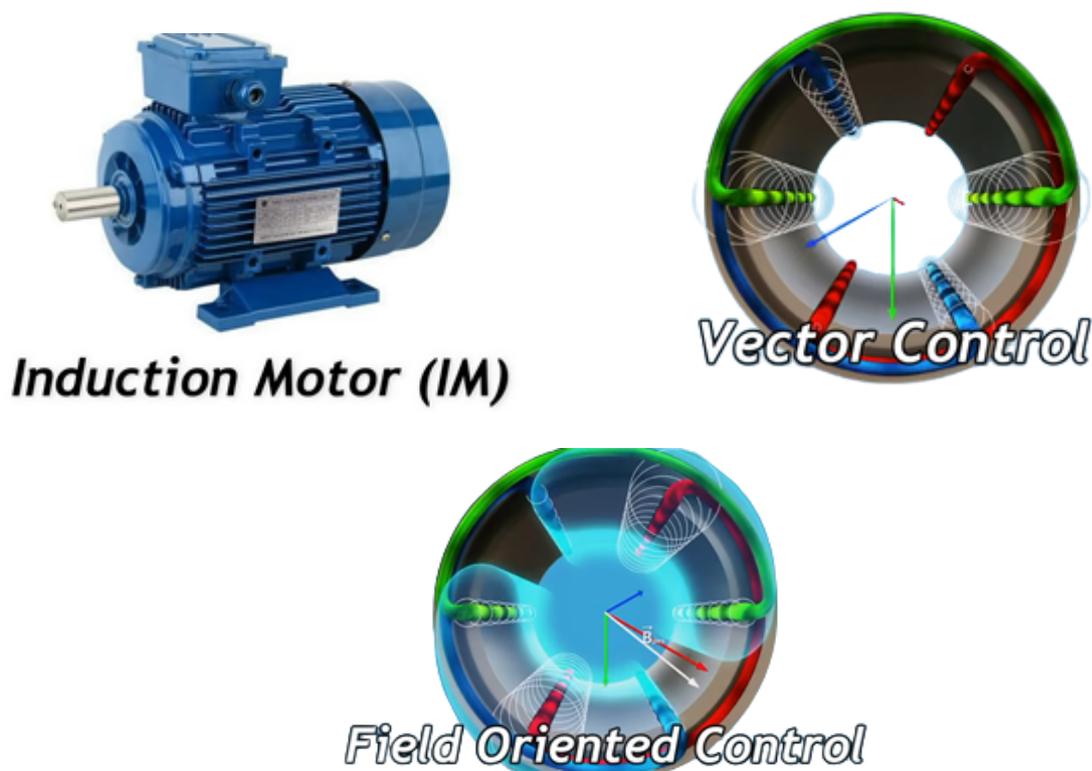
## 1.1.2 - АСИНХРОННИ ДВИГАТЕЛИ

При асинхронните двигатели не е необходимо външно възбуден, поради това си предимство се използват широко в електрическите превозни средства. Те се отличават с ниска цена, висока надеждност, експлоатация без необходимост от поддръжка.

Ограничения:

- конвенционалното управление (например променливо напрежение/честота) не осигурява оптимална производителност;
- необходимост от сложни инверторни схеми и алгоритми за управление.

За да се постигне висока плътност на мощността и ефективност, се използват векторно управление.



Фигура 8. Асинхронни двигатели и топологии на управление



### 1.1.3 - СИНХРОННИ ДВИГАТЕЛИ

Синхронни двигатели с постоянни магнити (PMSM) елиминират необходимостта от четки, контактни пръстени и загуби в медните намотки на машината.

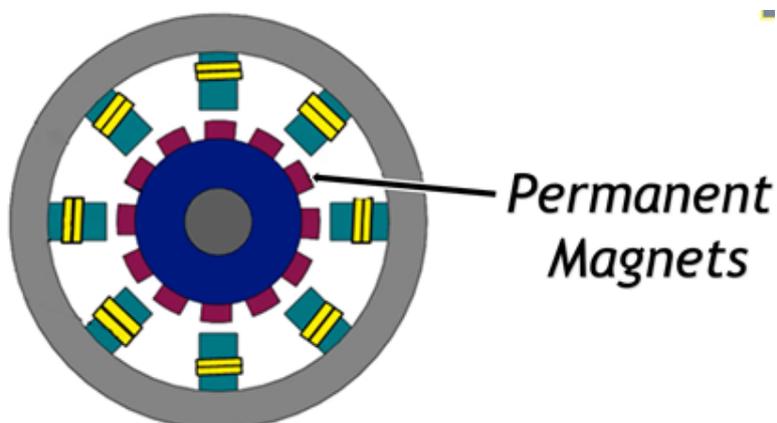
- Управляват се чрез широчинно-импулсна модулация (PWM), без нужда от електронна комутация.
- Осигуряват висок въртящ момент при ниски скорости.
- Могат да работят в широк диапазон от скорости без редуктор.
- Широко използвани са в електромобилите благодарение на високата си ефективност и плътност на мощността.

Недостатъци:

- висока цена спрямо други видове двигатели;



***Permanent Magnet  
Synchronous Motor (PMSM)***



## 1.2 - ФИЗИЧЕСКИ КОНТРОЛ, ПОДДРЪЖКА И РЕМОНТ НА ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ И ВРЪЗКИ

Синхронните двигатели с постоянни магнити могат да елиминират традиционните четки, плъзгащи пръстени и медни загуби в намотките на възбуждането, като се наричат още безчеткови променливотокови двигатели (PM brushless AC motor). Те могат да се управляват чрез използване на импулсно-широчинна модулация (PWM захранване), без необходимост от електронна комутация. Осигуряват висок въртящ момент при ниски скорости и могат да работят в различни диапазони на скорост без редуктор. Широко се използват в електрически превозни средства поради високата си мощностна плътност и висока ефективност. Може да се каже, че техните недостатъци се изразяват основно в по-високата цена в сравнение с други видове двигатели и значителните железни загуби.

### 1.2.1 - ФИЗИЧЕСКИ КОНТРОЛ

Контрол за термични повреди: Проверява се наличие на почерняване по корпуса при свалени конектори, формиране на електрическа дъга, разтапяне на високоволтови кабели (HVC) и гнезда.

### 1.2.2 - ВИЗУАЛЕН КОНТРОЛ

Проверка за теч на охладителна течност и масло в електродвигателя – зависи от типа двигател. При PMSM двигатели може да се наблюдава само теч на охладителна течност.

При наличие на механични пукнатини или счупвания – извършва се контрол за повреди на корпуса на двигателя.

### 1.2.3 - ЕЛЕКТРИЧЕСКИ КОНТРОЛ



- **Измерване на изолация:**

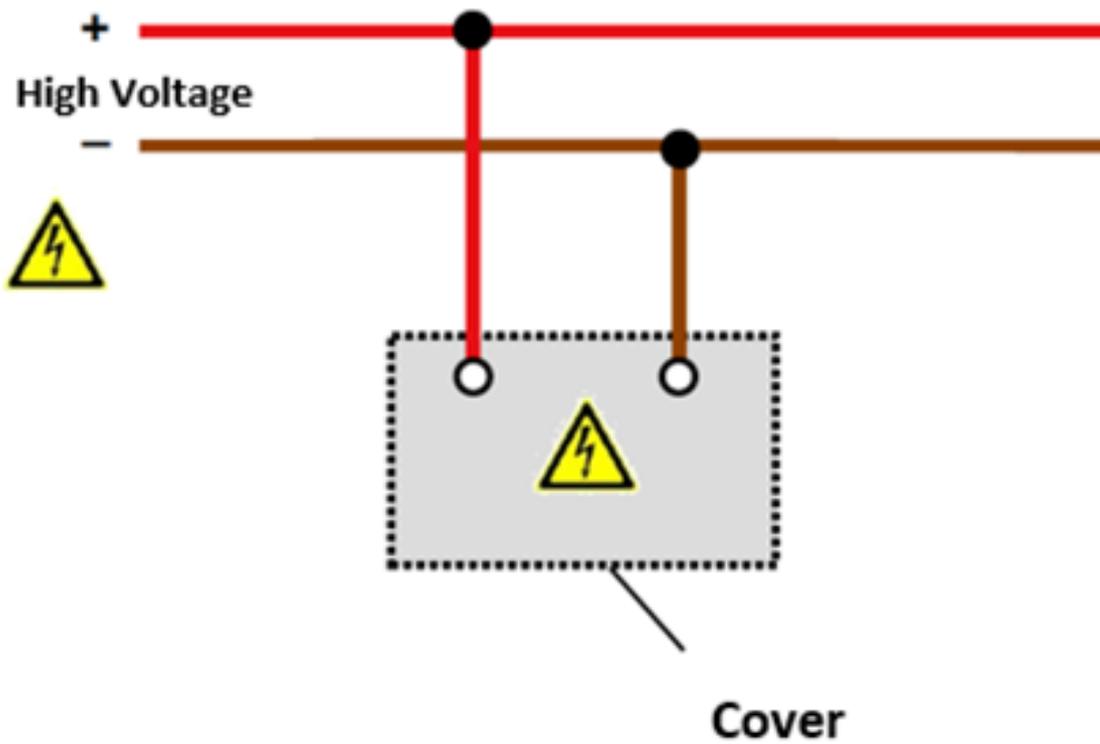
- За HV+ кабели към корпуса – измерва се съпротивлението между HV+ и шасито.
- За HV- кабели към корпуса – измерва се съпротивлението между HV- и шасито.

⚡ Стандартът ECE R 100 се използва за оценка дали измерените стойности отговарят на изискванията.

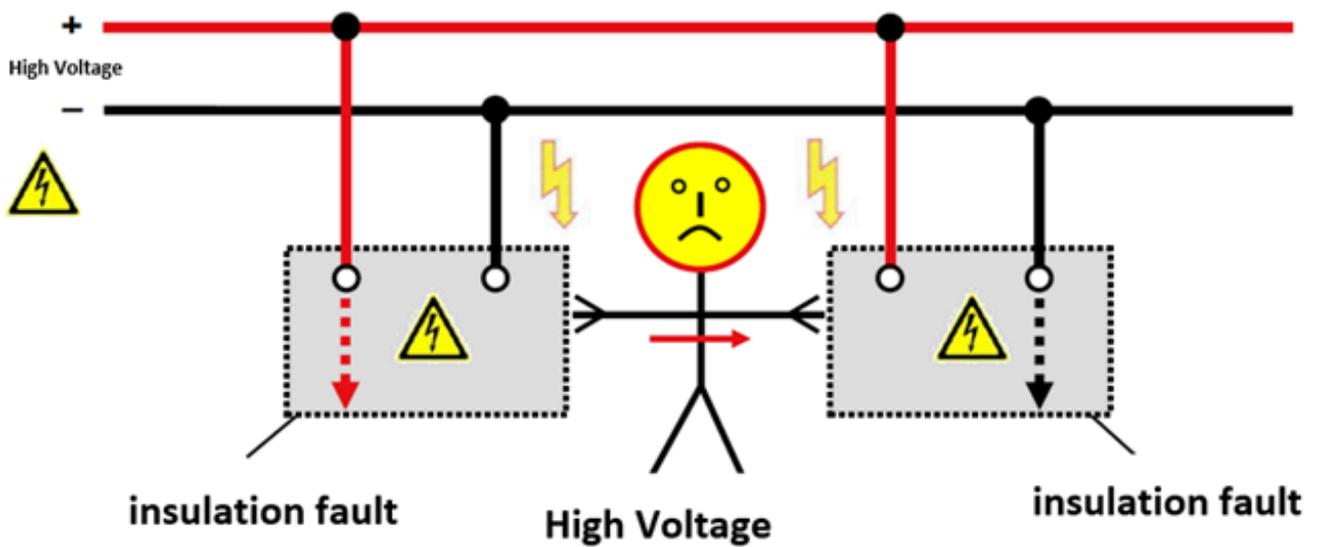
Според него изолационното съпротивление трябва да бъде не по-ниско от 500  $\Omega/V$ .



# IT NETWORK in HV SYSTEM

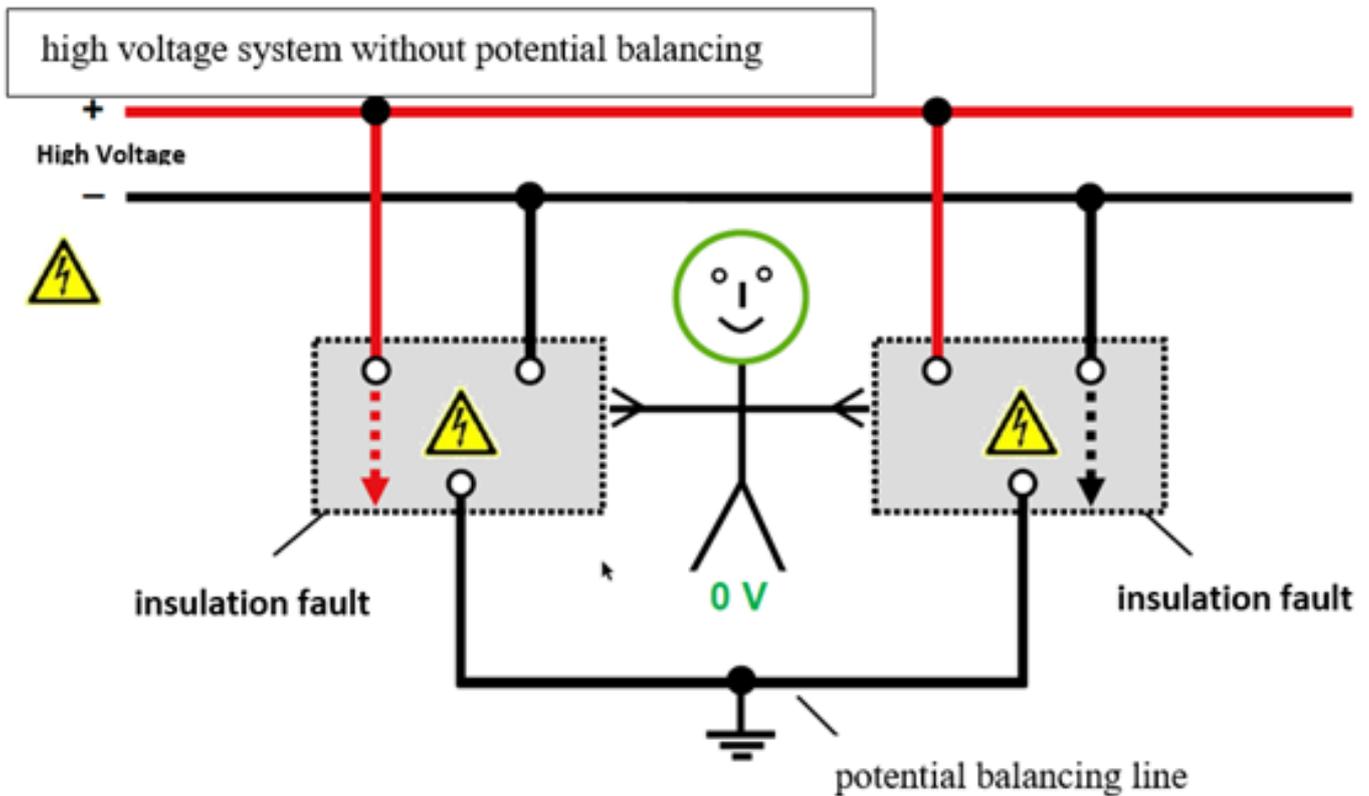


## high voltage system without potential balancing



## Измерване на заземителната система;

- Всички компоненти, работещи с високо напрежение, имат заземителна връзка. Съпротивлението между тази точка на свързване и корпуса не трябва да надвишава 200 милиома, съгласно стандарта ECE R 100.



## 1.2.4 - ОБУЧЕНИЕ ЗА ИДЕНТИФИЦИРАНЕ И ОТСТРАНЯВАНЕ НА КОДОВЕ ЗА ГРЕШКИ В СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОДВИГАТЕЛ/ГЕНЕРАТОР

**Електрически грешки:** грешка в изолацията, повреди на сензора за ротор, повреди на температурни сензори, грешки в IGBT, повреди в инвертор/конвертор.

**Физически повреди:** електрическа дъга, повреда на превключвател за контрол на висока температура, механични повреди по корпуса.

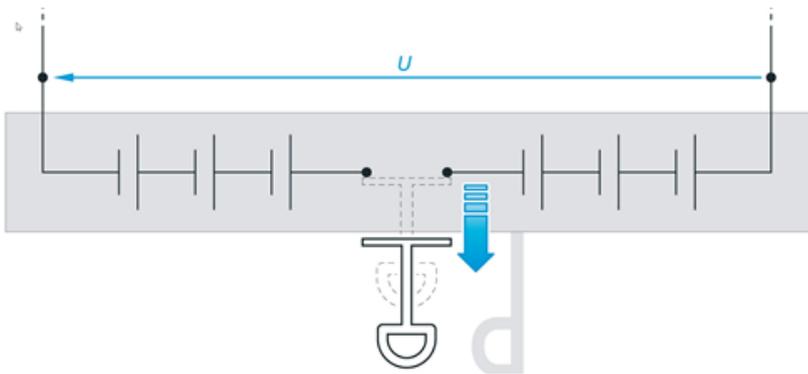
## 1.2.5 - ОБУЧЕНИЕ ЗА БЕЗОПАСНО ИЗКЛЮЧВАНЕ И АКТИВИРАНЕ НА ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ

### Физическо изключване:

Последователната връзка между батерийните модули се управлява чрез механичен прекъсвач. Ако той бъде физически премахнат, високоволтовата линия се прекъсва.

След премахването на прекъсвача, изходното напрежение на батерията се измерва 5 минути по-късно, за да се провери дали кондензаторите са се разрешили.



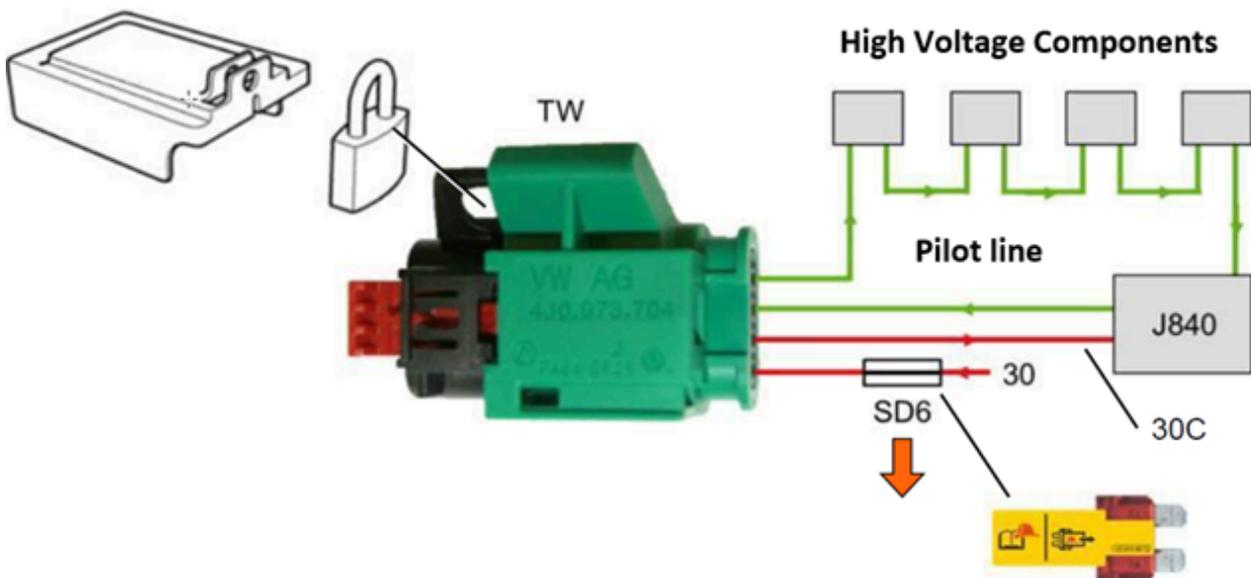


### Логическо изключване:

Чрез прекъсване на сигнална линия (interlock loop) или захранващата линия на контактора, контактите се отварят и високото напрежение се изключва.

В аварийни ситуации тази линия може да се прекъсне директно за осигуряване на безопасност.

#### Lock cover



## 1.2.6 - НАБЛЮДЕНИЕ НА ТОКОВИ И НАПРЕЖЕНОВИ ХАРАКТЕРИСТИКИ





## 1.2.7 – КОНТРОЛ НА СИСТЕМАТА ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА БАТЕРИЯТА И НЕЙНИТЕ КОМПОНЕНТИ

**Физически контрол на батерийния пакет (батерия и всички под-единици):**

**Преди демонтаж:** проверява се за разтапяне, потъмняване и физическа деформация на корпуса.

**След демонтаж:** проверка за течности, наличие на теч на литий (оставя бяло петно вътре в модула), контрол на конекторите (високо- и нисковолтови кабели), наличие на дим и миризма, проверка на цвета на вентилационните клапани.

**Обучение за контрол на батерийната система за управление (BMS) и комуникации:**

Диагностично се отчитат и наблюдават напреженията на всички клетки. При установено клетъчно разминаване се нарушава балансът на напрежението, което води до спад на производителността и пробега.

След локализиране на дефектната клетка чрез диагностично устройство, съответният модул се подменя.

**Обучение за работа с високоволтови батерии:**

Оценка на състоянието, безопасно съхранение и работа с повредени или дефектни единици.

Проверка за наличие на дим, следи от изгаряния, повишено топлоотделяне, пукнатини по корпуса, механична деформация, корозия, разхлабени връзки, както и наличие на сериен номер и защитен етикет.

## 1.2.8 – ПОДДРЪЖКА И РЕМОНТ НА ОХЛАДИТЕЛНАТА И ОТОПЛИТЕЛНА СИСТЕМА НА ЕЛЕКТРОЗАДВИЖВАНЕТО

Контролът се извършва в три етапа, под формата на тест за налягане, съгласно указанията на производителя:

- Охладителен кръг на батерията;
- Охладителен кръг на електродвигателя;
- Общ охлаждателен кръг.

Винаги проверката започва от батерийния кръг – в противен случай при теч на батерията цялата охлаждателна течност може да навлезе в нея.

След това се проверява електродвигателният кръг – ако има теч, течността ще попадне в двигателя.

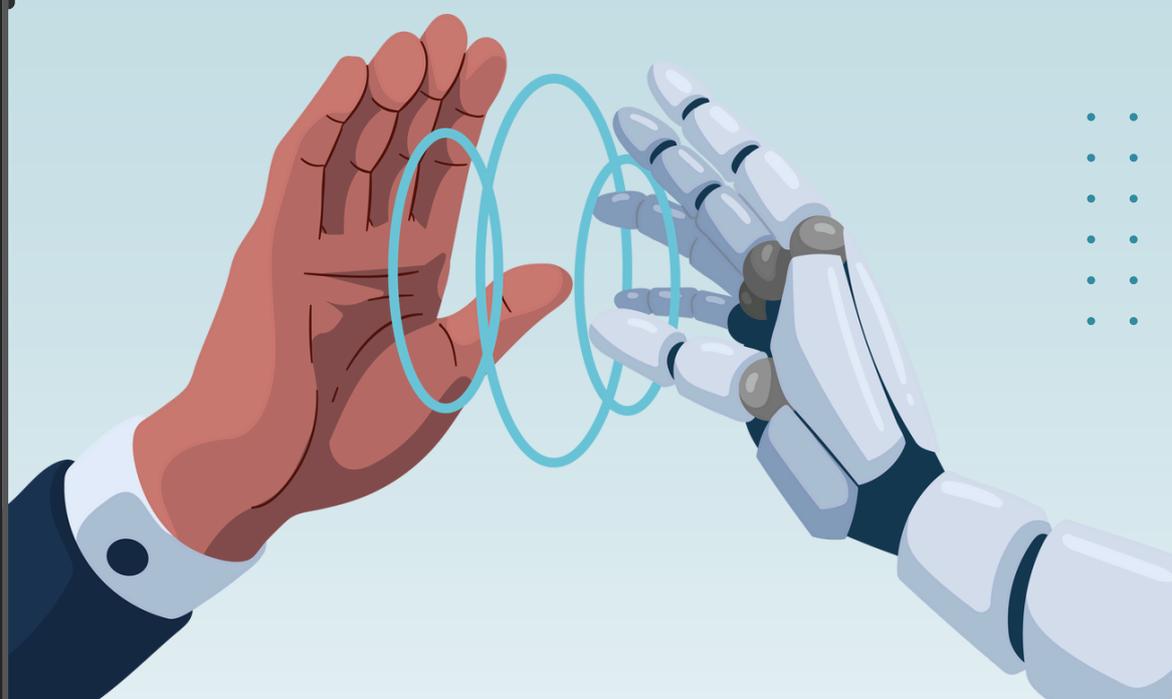
Накрая се извършва тест на общия охлаждателен кръг – за проверка на цялостната система и връзките.



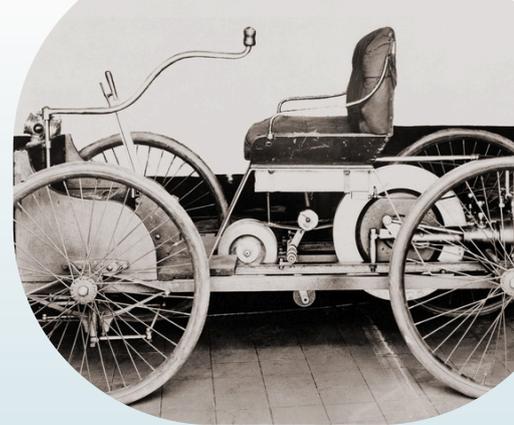


## ГЛАВА-2

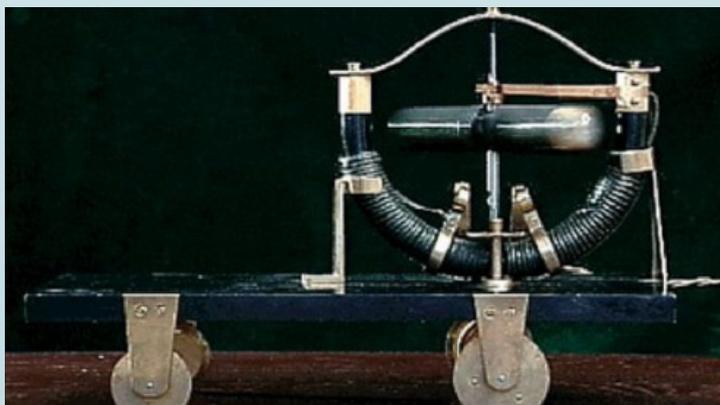
# СИСТЕМИ ЗА ЗАРЕЖДАНЕ И ИНФРАСТРУКТУРА



# История на Електрическите превозни средства



Електрическите превозни средства имат дълга и интересна история. Интересът към тях се е променял през годините в зависимост от екологичните проблеми и наличните енергийни ресурси.



Фигура. 1. Модел на електрически автомобил, изграден от А. Йедлик през 1828 г. [2]

Историята на електрическите автомобили е тясно свързана с тази на електрическите машини. През 1827 г. унгарският бенедиктински монах Аньош Йедлик създава първата примитивна, но работеща постояннотокова електрическа машина. Само година по-късно той я използва, за да задвижи прост, умален модел на автомобил.

През 1835 г. Сибрандус Стратинг, професор по химия и технологии в Университета в Гронинген (Нидерландия), създава друго малко електрическо превозно средство, задвижвано от електрохимични клетки. То тежи приблизително 3 кг и може да се движи в продължение на 20 минути с товар от 1,5 кг при напълно заредени клетки.



Фигура. 2. Малък модел на електрически автомобил, разработен от С. Стратинг през 1835 г.

Шотландецът Робърт Андерсън е изобретателят на първата електрическа карета в реален мащаб. Неговият прототип е създаден в периода между 1832 и 1839 г. в Абърдийн. За генериране на електрическа енергия той използва първични клетки (нерециклируеми батерии) и достига максимална скорост от 12 км/ч.



Фигура. 3. Първият електрически автомобил, създаден от Р. Андерсън

Първите успешни и търговски достъпни електрически автомобили получават вдъхновеното име Electrobat. Първият им вариант е построен през 1894 г. в Чикаго от механичния инженер Хенри Г. Морис и химика Педро Г. Салом, въз основа на собствени патентовани технологии. Този първи модел е бил бавен и много тежък автомобил със стоманени гуми. Само акумулаторните батерии тежали над 725 кг от общата маса на превозното средство, възлизаща на 2 тона.

Благодарение на постоянните усилия за научноизследователска и развойна дейност, по-късните модели Electrobat стават по-леки, по-бързи и по-удобни за управление. Те вече били оборудвани с пневматични гуми и се управлявали чрез двете си задни колела. Задвижвали се от два ноктови полюсни електродвигателя с мощност 1,1 kW всеки. Благодарение на модерните за времето си батерии, тези автомобили можели да изминат 40 км със средна скорост от 32 км/ч само с едно зареждане. Поради големия интерес към тях, двамата изобретатели разширили дейността си, като създали няколко варианти от типа „хансом“ (двуколесни файтони), базирани на същия модел.



Фигура. 4. Елегантен модел на автомобила Electrobat

Тук следва да бъдат споменати и основните постижения в тази област на родения в Австрия Фердинанд Порше. През 1899 г., докато работи в компанията Jakob Lohner & Co., 22-годишният талантлив конструктор създава своя първи електрически автомобил. Той можел да достигне скорост от 25 км/ч. Електрическите автомобили на Порше включвали авангардни за времето технологии, като например електрическия мотор, вграден в главината на колелото, който задвижвал директно колелата на превозното средство.



Фигура. 5. Лонер-Порше Фаетон в Техническият музей във Виена

Три години по-късно той представя първия в света функциониращ революционен хибриден автомобил с електрическо задвижване на четирите колела. Автомобилът е наречен Sempër Vivus, което означава „винаги жив“. Порше увеличава пробегата на колата, като инсталира двигатели с вътрешно горене (ДВГ), които задвижват електрическите генератори за зареждане на батерията, вместо автомобилът да разчита само на акумулатора.

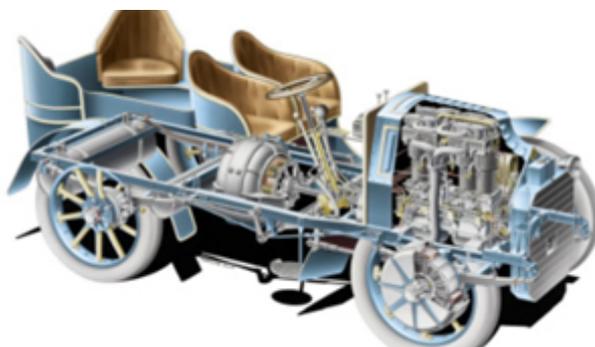
Оригиналният акумулатор с 74 клетки е заменен с по-малък, съдържащ 44 клетки, за да се спести тегло и пространство. В центъра на автомобила са монтирани два водно охлаждащи ДВГ с мощност 2,6 kW, които задвижват два независими генератора по 1,84 kW всеки, доставящи ток от 20 А при напрежение 90 V.

По-късно е пусната версия, готова за производство, наречена Lohner-Porsche Mixte, с максимална скорост от 80 км/ч.

#### а) ретро модел

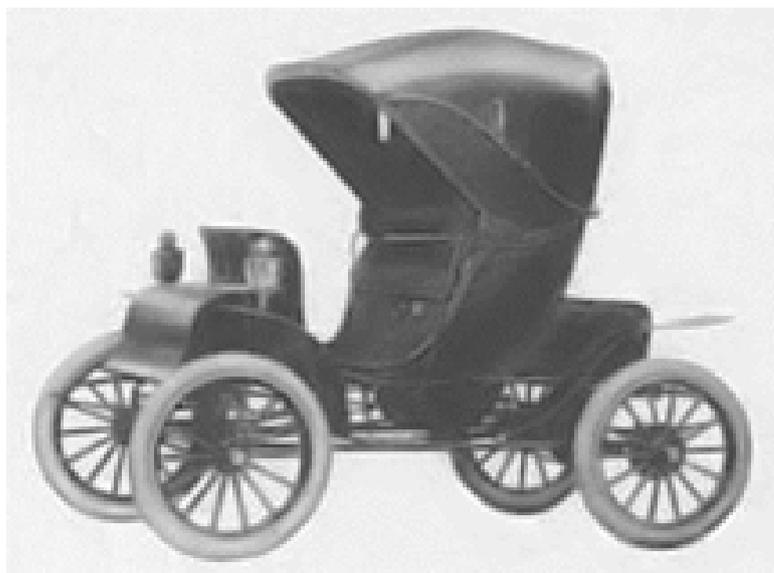


#### б) технически спецификации



Фигура. 6. Лонер-Порше Mixte – първият хибриден автомобил, достъпен за търговска продажба

По-късно Фердинанд Порше е и дизайнерът на емблематичния Volkswagen Beetle, който скоро се очаква да се завърне като електрическо превозно средство.



„Фигура. 7. Victoria на Фричле – така нареченият 100-Mile Electric Automobile“

Този електрически автомобил с две места тежи 1000 кг, като над 350 кг от тях са акумулатори. Той е построен в Денвър през 1908 г. от Оливър Паркър Фричле, ранна ключова фигура в областта на електрическите превозни средства. Фричле прави значителни приноси както в производството на батерии, така и в автомобилостроенето. Името му е свързано и с въвеждането на регенеративно спиране.

Той насочва своите разработки към издръжливостта на ново проектираните електромобили. През септември 1908 г. той предлага смела задача: да извърши пътуването от 2 900 км между Линкълн и Ню Йорк с електрически автомобил без механични проблеми. Фричле изпълнява пътуването за 20 дни, покривайки средно почти 100 мили (160 км) на ден.

## **АНАЛИЗ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ВРЪЗКИ И НИВА НА НАПРЕЖЕНИЕ**

Електрическият автомобил, известен още като електрическо превозно средство (EV) или електромобил с батерия (BEV), има електрически мотор вместо двигател с вътрешно горене. За разлика от традиционните автомобили, които използват двигател с вътрешно горене, електрическите коли се задвижват от електрически мотор, получаващ енергия от батерии.

Съществуват няколко различни типа електрически автомобили, включително:

- Изцяло електрически: Тези автомобили се задвижват само от батерия и не използват бензин.
- Хибридни електрически: Хибридните автомобили се задвижват както от електричество, така и от бензин.



Електрическите автомобили работят чрез извличане на електричество от източник на енергия и съхраняването му в батерия. Това става чрез включване на електрическия автомобил в зарядна станция, където батерията може да се зареди напълно. След това батерията захранва мотора, който задвижва колелата. По време на движение батерията осигурява енергия на електрическия мотор, който заменя необходимостта от бензинов двигател. Тъй като автомобилът се движи на електричество, той не отделя отработени газове и не съдържа типичните компоненти за гориво като помпа, горивна линия или резервоар.

Повечето електрически автомобили използват едностепенна предавателна технология за задвижване на колелата, така че няма нужда от трансмисия. Все пак някои по-нови електромобили се произвеждат с допълнителни предавки, което позволява по-добра производителност и по-голям пробег, но изисква наличието на трансмисия.

Електромобилите с батерия (BEV) използват електричество, съхранено в батерията за да захранват мотора.

Най-често използваният тип батерия е литиево-йонната батерия. Литиево-йонните батерии имат високо съотношение мощност-тегло, което означава, че съхраняват много енергия за теглото си. Това е от съществено значение за електрическите автомобили, тъй като по-малкото тегло позволява колата да измине по-голямо разстояние с едно зареждане. Освен това литиево-йонните батерии запазват способността си да държат пълнен заряд с течение на времето, което осигурява дълготрайност на батерията. Важно е да се отбележи, че различните електрически автомобили имат различен пробег и скорости на зареждане.

Когато батерията се изтощи, тя се зарежда чрез електрическата мрежа. Това може да стане от домашен контакт или от обществена зарядна станция. Повечето части на литиево-йонните батерии са рециклируеми след края на живота им, което ги прави добър избор за намаляване на вредното въздействие върху околната среда.

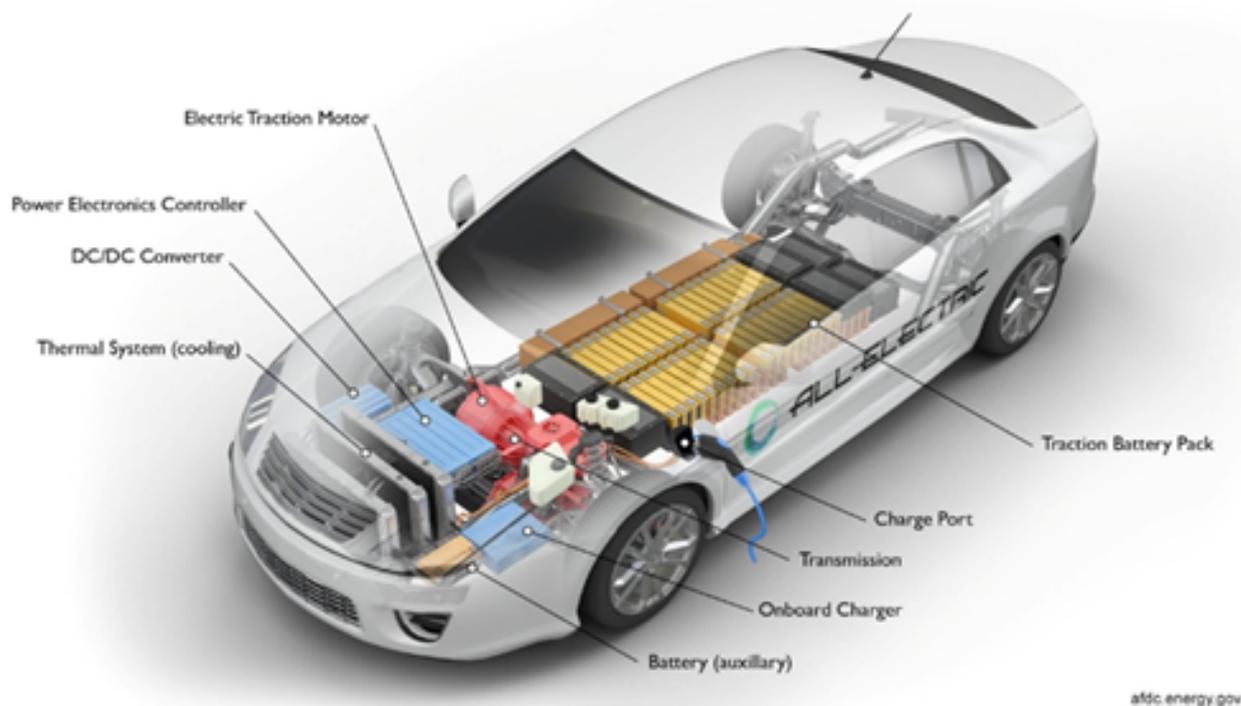
Електрическият мотор на автомобила работи чрез монтиране на един комплект магнити върху вала и друг комплект върху корпуса, който обгръща вала. Чрез периодично обръщане на поляритета, моторът използва привличащите и отблъскващите сили, за да завърти вала. Това преобразува електричеството в въртящ момент и, в крайна сметка, задвижва колелата.



## СХЕМА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛ

Когато става въпрос за начина, по който работи електрически автомобил, полезно е да се разгледа проста схема на основните вътрешни компоненти. Схемата по-долу показва компонентите, които правят електрическата кола функционална, включително батерията, пакетът батерии, моторът и зарядният порт.

### All-Electric Vehicle



Фигура 8

Основните компоненти на електрически автомобил (EV) включват:

- **Батерия:** В електрическата кола батерията съхранява електричество в пакет батерии, за да захранва мотора и другите аксесоари на автомобила.
- **Заряден порт:** Зарядният порт позволява на автомобила да се свърже с външен източник на енергия, за да се зареди пакетът батерии.
- **DC/DC преобразувател:** Това устройство преобразува високоволтовото постоянно волтово (DC) захранване от тягова батерия в по-нисковолтово DC захранване, необходимо за работа на аксесоарите на автомобила и за презареждане на помощната батерия.
- **Електрически мотор:** Използвайки енергия от пакет батерии, моторът преобразува електричеството в въртящ момент и задвижва колелата.
- **Вграден заряден модул (Onboard Charger, OBC):** OBC се използва за преобразуване на променлив ток (AC) от бавни зарядни станции или преносими зарядни устройства за домашни контакти в постоянен ток (DC).

- 
- **Електронен блок за управление на мощността (Electric Power Control Unit, EPCU):** EPCU е ефективна интеграция на почти всички устройства, които контролират потока на електрическата енергия в автомобила. Той включва инвертора, нисковолтовия DC-DC преобразувател (LDC) и контролния блок на автомобила (Vehicle Control Unit, VCU).
  - **Охладителна система:** Охладителната система поддържа подходяща работна температура за електрическия мотор, двигателя и другите компоненти.
  - **Тягова батерия (Traction battery pack):** Съхранява електричество за използване от електрическия тягова мотор.
  - **Трансмисия:** Трансмисията прехвърля механичната мощност от електрическия тягова мотор към задвижващите колела, въпреки че не всички електрически автомобили имат трансмисия.

## **ТЕХНИЧЕСКИ АНАЛИЗ НА ТЕХНОЛОГИИ ЗА ЗАРЕЖДАНЕ С ПРОМЕНЛИВ (АС) И ПОСТОЯНЕН ТОК (ДС) И СИСТЕМИ ЗА БЪРЗО ЗАРЕЖДАНЕ**

Основният тип електрически автомобил (EV) може да се движи изцяло на електрическо задвижване, използвайки единствено батерии като източник на енергия. Алтернативно, те могат да работят в сътрудничество с двигател с вътрешно горене (ICE). Освен това могат да използват и други източници на енергия. Тези автомобили се наричат хибридни електрически превозни средства (HEV).

Международната електротехническа комисия определя HEV като превозно средство с множество типове енергийни източници, системи за съхранение или преобразуватели, като поне един от тях е електрическа енергия. Това определение позволява много комбинации за HEV. Поради това както експертите, така и широката публика са дали специфични имена за всеки тип комбинация: превозни средства с батерия и кондензатор се наричат електромобили с ултракондензатор (UC) помощ, а тези с батерия и горивна клетка – FCEV (Fuel Cell Electric Vehicles).

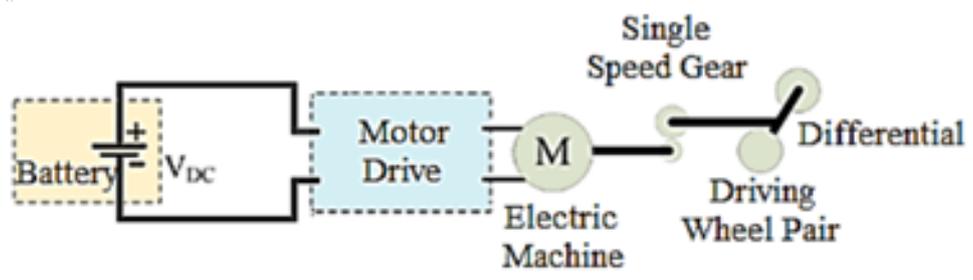
Въз основа на тези различия, електрическите автомобили се класифицират в четири групи.

### **ЕЛЕКТРОАВТОМОБИЛ С БАТЕРИЯ**

Електромобили (BEV) захранват трансмисионната система чрез батерии, изцяло разчитайки на съхранената енергия. Следователно пробегът зависи от капацитета на батерията. Обичайният пробег с едно зареждане е между 100 и 250 километра. В действителност различни фактори, включително стил на шофиране, пътни условия, климат, конструкция на автомобила, тип батерия и възраст на превозното средство, оказват влияние върху пробега.

След като енергията се изтощи, зареждането на батерията може да отнеме до 36 часа, което е значително по-дълго от зареждането на обикновен автомобил с ДВГ. Съществуват различни видове зарядни устройства, които изискват значително по-малко време, но никой не може да се сравни с бързината на зареждане на традиционен автомобил с гориво.



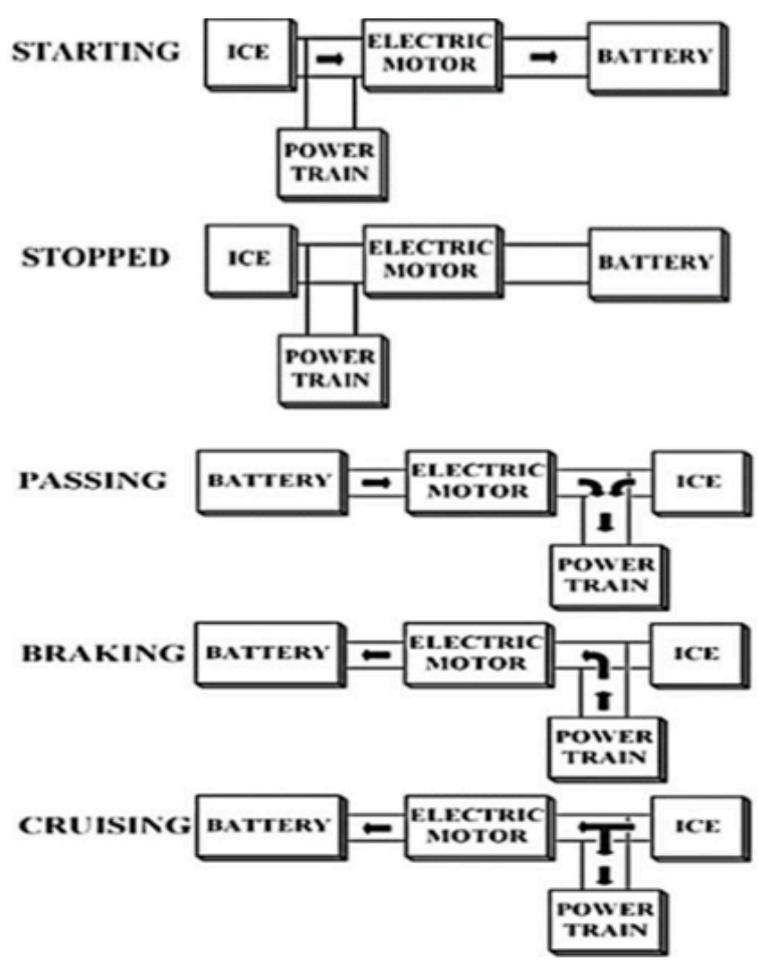


Фигура. 9. Структура на електромобил с батерия (BEV).

Електромобилите (BEV) предлагат редица предимства: имат проста конструкция, лесни са за управление и са удобни. Те не отделят парникови газове (GHG) и са безшумни, което е полезно за околната среда. Електрическото задвижване може да осигури висок въртящ момент моментално, дори при ниски скорости. Като се вземат предвид тези предимства и ограниченото разстояние на пробег, BEV са идеални за градски транспорт.

В момента Nissan Leaf и Tesla Model S са най-продаваните BEV, както и някои китайски автомобили като BYD.

Фиг. 2 показва конфигурацията на BEV: батериите хранят електрическите мотори чрез схема с преобразувател на енергия, а моторите задвижват колелата.



Фигура. 10. Поток на енергия при хибридни електрически превозни средства (HEV): (a) поток на енергия по време на стартиране и спиране и (b) пренос на енергия по време на ускорение, спиране и движение с постоянна скорост

## ХИБРИДЕН ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛ

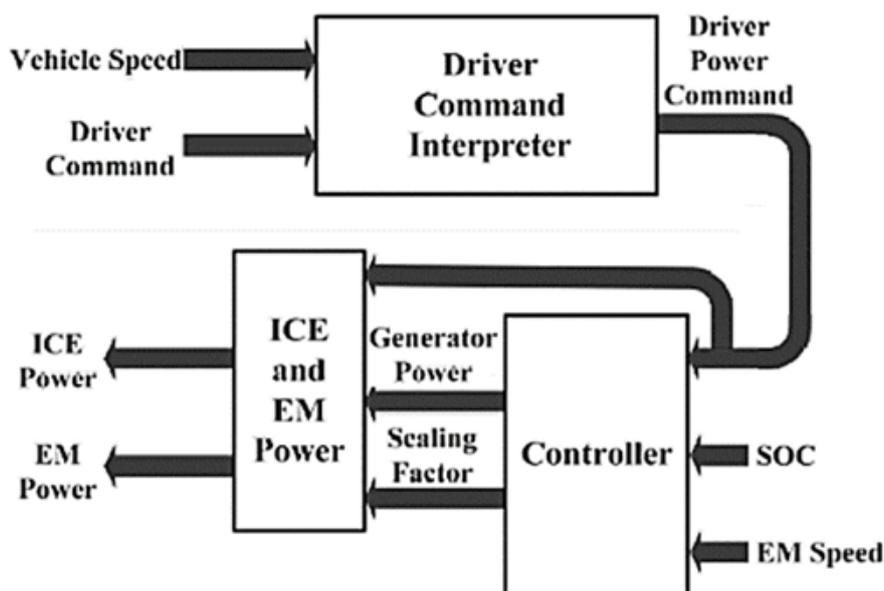
Хибридните електрически автомобили (HEV) се задвижват чрез комбинация от двигател с вътрешно горене (ICE) и електрическа трансмисия (PT). Тази комбинация може да се реализира по различни начини, които ще бъдат разгледани по-долу. HEV използват електрическата система за задвижване при ниски изисквания за мощност. Това е голямо предимство в условия като градския транспорт, тъй като намалява разхода на гориво при празен ход (например при задръстване) и намалява емисиите на парникови газове. Когато е необходима по-висока скорост, автомобилът преминава към двигателя с вътрешно горене.

Тези две системи могат също така да подобрят производителността. Турбинираните автомобили като Асуга NSX широко използват хибридни системи за задвижване, за да намалят турбо лаг-а. Тази конфигурация запълва паузите между смяната на предавките и подобрява ускорението, като в крайна сметка увеличава производителността.

Батериите могат да се зареждат както от ICE, така и чрез регенеративно спиране. Следователно, HEV са автомобили с ICE, оборудвани с електрическа система за задвижване за подобрена икономия на гориво. Производителите на автомобили широко използват HEV конфигурации за тези предимства.

Фиг. 11 показва енергийните потоци на базов HEV. На Фиг. 11(a) и Фиг. 11(b) се вижда, че при тръгване двигателят с вътрешно горене може да използва електрическия мотор като генератор, за да произвежда и съхранява електричество в батерията. Тъй като както ICE, така и електрическият мотор (EM) оперират трансмисията при ускорение, това е необходимо за увеличаване на скоростта на автомобила. За да се зареди батерията чрез регенеративно спиране, трансмисията използва мотора като генератор по време на движение. При движение с постоянна скорост ICE действа като генератор, произвеждайки електричество за захранване на мотора и зареждане на батериите. При пълно спиране електрическата система на автомобила също спира напълно.

Механизмите за управление на енергията при HEV са илюстрирани на Фиг. 12. Въз основа на командите на водача, скоростта на автомобила, състоянието на заряд на батерията (SOC) и икономията на гориво, системата разпределя мощността между ICE и EM.



Фигура. 11. HEV's energy management system



## ПЛЪГ-ИН ХИБРИДЕН ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛ (PHEV)

Концепцията за PHEV (плъг-ин хибриден електрически автомобил) възниква с цел да се увеличи изцяло електрическият пробег на HEV. Отново се използват ICE и електрическа трансмисия (PT), но при PHEV електрическият мотор е основното задвижване, което налага използването на по-голяма батерия.

PHEV се движат на електричество и използват ICE само когато батериите са ниски. ICE усилва или зарежда батерията, като по този начин увеличава пробега на автомобила. За разлика от HEV, PHEV могат да се зареждат директно от електрическата мрежа и се възползват от регенеративното спиране. Тъй като могат основно да се движат на електричество, PHEV имат по-малък въглероден отпечатък. Те също така изразходват по-малко гориво, което намалява разходите.

В момента Chevrolet Volt и Toyota Prius са два примера за хибридни автомобили, които вече са налични на пазара.

## ПЛЪГ-ИН ХИБРИДЕН ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛ (PHEV)

FCEV може да се нарече и автомобил с горивна клетка. Тези електромобили се задвижват от горивни клетки, които произвеждат електричество чрез химични реакции. FCEV се наричат още водородни горивни клетки, тъй като водородът е най-широко използваното гориво в тази индустрия. Водородът се съхранява в специални високонапорни резервоари. За генериране на енергия е необходим и кислород, който се извлича от околния въздух.

Енергията, осигурена от горивните клетки, се предава на електрическия мотор (EM), който задвижва колелата. Допълнителната енергия се съхранява в батерия или ултракондензатор. Батерии се използват в няколко търговски налични FCEV, като Toyota Mirai и Honda Clarity.

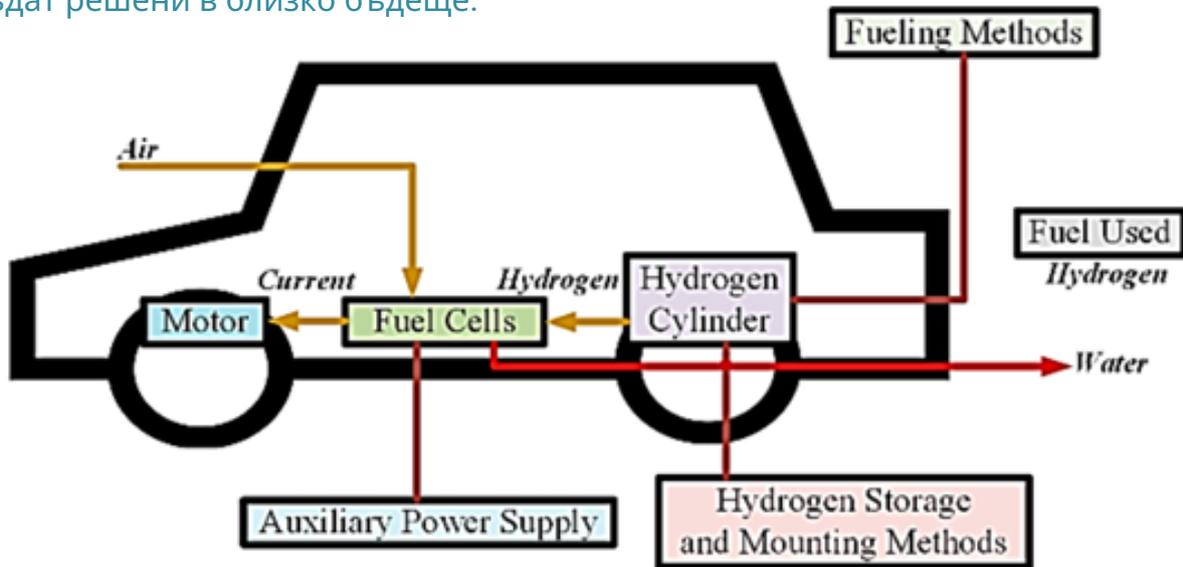
По време на генерирането на енергия FCEV произвеждат вода, която се изхвърля от ауспуха. Фиг. 5 показва конфигурацията на FCEV.

Тези превозни средства имат предимството, че произвеждат електричеството си без отделяне на въглерод, в сравнение с други видове електромобили. Освен това, зареждането на FCEV отнема не повече време от зареждането на конвенционален автомобил на бензиностанция. Поради това се очаква тези автомобили да бъдат широко препоръчвани в близко бъдеще.

Въпреки това, недостигът на водородни станции за гориво е ключово препятствие за масовото използване на тази технология. Дори преди няколко години, зарядните станции за BEV или плъг-ин хибриди не бяха често срещани. Друга загриженост е безопасността поради запалимия водород, който потенциално може да изтече от резервоарите.

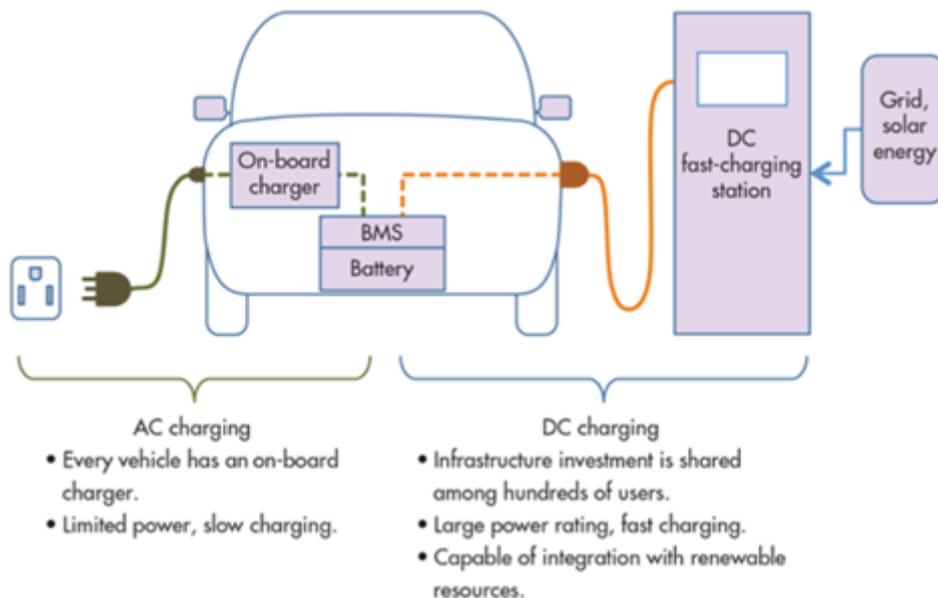
Ако всички тези препятствия бъдат преодолени, FCEV биха представлявали бъдещето на автомобилния транспорт. Предвид предимствата им, FCEV изглеждат по-добри от BEV в много аспекти. Фиг. 6 илюстрира това сравнение. Фигурата сравнява два пробега (320 срещу 480 км), като взема предвид различни критерии като тегло, начални емисии на парникови газове, необходим обем за съхранение и други параметри. Хоризонталната ос показва съотношението на характеристиките на BEV към FCEV, като по-високите съотношения показват недостатък.

Въз основа на фигурата, BEV са по-добри единствено по разход на гориво на километър и изискват енергия от вятър. Първото все още е значителен недостатък за FCEV, тъй като все още няма екологично, евтино и устойчиво решение за производство на водород. Също така, инфраструктурата за зареждане все още изостава. Въпреки това, всички тези проблеми могат да бъдат решени в близко бъдеще.

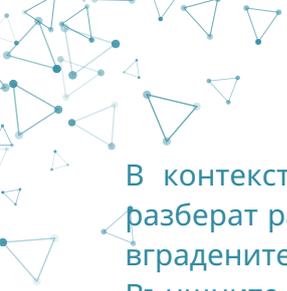


Фигура. 12. Конфигурация на FCEV“

Като цяло, наличието на зарядни станции, мощността на зареждане и съвместимостта на конекторите са важни фактори, които влияят върху опита при зареждане за собствениците на хибридни и електрически автомобили. Продължаващото разширяване на обществената зарядна инфраструктура и развитието на технологиите за зареждане допринасят за нарастващата приложимост и удобство на електрическите превозни средства.



Фигура.13. Схематично представяне на разликите между вградените зарядни устройства и външните зарядни станции (или DC-бързи зарядни станции)“



В контекста на еволюцията на устойчивата мобилност е от решаващо значение да се разберат разликите и да се оценят предимствата и недостатъците на външните (off-board) и вградените (on-board) системи за зареждане на хибридни и електрически автомобили.

Външните зарядни станции, като публичните зарядни станции, предлагат удобството на висока скорост на зареждане, което е идеално за дълги пътувания и ситуации, когато е необходимо бързо зареждане. Тези станции стават все по-достъпни в градските райони и по магистралите, което увеличава достъпността на електрическите автомобили. Освен това, много от тези станции са съвместими с широка гама автомобили, независимо от модел или производител. Някои от тях предоставят високоефективно зареждане, позволявайки значително зареждане за много кратко време.

Въпреки това, съществуват и недостатъци, които трябва да се вземат предвид, като таксите за ползване на някои публични станции, които могат да увеличат общите разходи за зареждане в сравнение с домашното зареждане. Освен това, натовареността и ограничената наличност в някои райони могат да причинят неудобство за шофьорите.

От друга страна, вграденото зареждане у дома предлага максимално удобство и поддържа автомобила винаги готов за употреба, като елиминира необходимостта от посещение на публични зарядни станции. Възможността за програмиране на зареждане през нощта, използвайки по-евтини тарифи за електроенергия, помага за намаляване на оперативните разходи. Освен това, липсата на такси за ползване прави тази опция по-евтина в дългосрочен план.

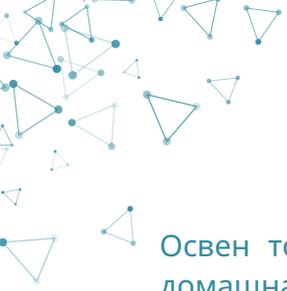
Въпреки това, вграденото зареждане у дома има някои ограничения, включително по-ниска скорост на зареждане в сравнение с публичните станции или решенията за бързо зареждане. Това може да бъде проблем за тези, които се нуждаят от бързо зареждане. Освен това, мобилността е ограничена до местата, където е инсталирана специална зарядна станция, а първоначалната инсталация може да доведе до значителни разходи, особено ако е необходимо адаптиране на съществуващата електрическа система.

В заключение, изборът между външни и вградени системи за зареждане се влияе от индивидуалните нужди на шофьорите. Често най-добрият подход е да се използва комбинация от двете системи, за да се максимизира удобството и да се намалят разходите за експлоатация на хибридни и електрически автомобили.

Външните системи, включително публични зарядни станции, станции за бързо зареждане и безжични системи, предлагат широко разпространение в градски райони и по магистралаи. Те са известни с възможността си за бързо зареждане и са идеални за дълги пътувания. Въпреки това, те могат да включват по-високи разходи поради такси за ползване на някои станции и могат да бъдат засегнати от натовареност в определени райони.

Вградените системи основно разчитат на домашни зарядни станции. Те предлагат максимално удобство, като позволяват на шофьорите да зареждат автомобила директно у дома. Този подход елиминира таксите за ползване и осигурява гъвкавост да се програмира зареждане през часовете с по-ниски тарифи за електроенергия. Въпреки това, зареждането е по-бавно в сравнение с високоефективните публични станции, което може да представлява проблем за тези, които се нуждаят от бързо зареждане.





Освен това, вграденото зареждане у дома изисква инсталирането на специална домашна зарядна станция, което води до съответните разходи. Сравнението между тези две системи е от съществено значение за собствениците на електрически автомобили, тъй като ще окаже значително влияние върху тяхното изживяване при зареждане и свързаните разходи. Изборът между външни и вградени системи ще зависи от индивидуалните нужди на водача и наличните условия за зареждане в неговия регион.

## **ВГРАДЕНИ ЗАРЯДНИ УСТРОЙСТВА ЗА HV/EV СИСТЕМИ ЗА ЗАРЕЖДАНЕ**

### **Мотивация за използване на вградени зарядни устройства (OVC)**

Вградените зарядни устройства (OVC) представляват водеща технологична тенденция спрямо външните зарядни станции при електрическите и хибридните автомобили поради редица ключови предимства. Първо, тяхната директна интеграция в автомобила предлага значително удобство за потребителите. Не е необходимо да се носи външно зарядно устройство или да се търсят специализирани зарядни станции. Възможността за зареждане директно от стандартен електрически контакт, например у дома, значително опростява ежедневието на шофьорите.

Освен това OVC могат да бъдат проектирани и оптимизирани специално за нуждите на батерията на автомобила. Това води до по-висока ефективност по време на процеса на зареждане. OVC могат да доставят по-последователна и контролирана мощност на зареждане в сравнение с външните зарядни устройства, които трябва да бъдат проектирани така, че да пасват на различни автомобили. Интеграцията на OVC в автомобила също така позволява по-пряка и усъвършенствана комуникация. Много OVC са оборудвани с двупосочни комуникационни системи, които позволяват на автомобила да взаимодейства с електрическата мрежа и зарядната инфраструктура. Това отваря възможности за усъвършенствани функции, като планиране на времето за зареждане, за да се възползва от по-ниски тарифи за електроенергия, или управление на мощността според нуждите на мрежата.

По отношение на размер и тегло, интегрираните OVC заемат по-малко пространство от външните зарядни устройства и могат да допринесат за намаляване на общото тегло на автомобила.

Що се отнася до безопасността, OVC могат да бъдат проектирани с усъвършенствани защитни системи за осигуряване на безопасността на автомобила и зарядната система. Тези системи включват откриване на късо съединение, мониторинг на температурата и защита от претоварване.

Накрая, наблюдава се тенденция за стандартизация на OVC. Производителите на автомобили и индустриалните организации работят за установяване на общи стандарти, което улеснява производството и използването на електрически и хибридни автомобили.

В обобщение, вградените зарядни устройства предлагат удобно, ефективно и интегрирано решение за зареждане на електрически и хибридни автомобили. Въпреки че могат да бъдат допълнени от външни зарядни станции за дълги пътувания или обществени нужди, тяхната водеща роля в покриването на ежедневните нужди от зареждане е важна стъпка напред в прехода към електрическа мобилност.





## Стандарти и класификация

При електрическите автомобили конекторите на вграденото зарядно устройство (On-Board Charger, OBC) играят решаваща роля за зареждането на батерията. Съществуват различни видове конектори по света, всеки със свои специфични характеристики и приложения.

J1772 (Тип 1) конекторът се използва широко в Съединените щати, Канада и някои други региони. Въпреки това, скоростта на зареждане е ограничена в сравнение с по-новите стандарти и е свързан с автомобили като Nissan Leaf и Chevrolet Volt, произведени в САЩ.

Tesla използва собствен конектор, известен като Tesla Connector, който предлага висока мощност на зареждане и значително ускорява зареждането на Tesla автомобили, включително Model S, Model 3, Model X и Model Y. Този стандарт е обаче ексклузивен за Tesla и не е съвместим с автомобили на други производители.

В Япония и някои региони на света е популярен конекторът CHAdeMO, който предлага бързо DC зареждане. Често се свързва с автомобили като Nissan Leaf, Mitsubishi i-MiEV и Kia Soul EV.

Combo Charging System (CCS) конекторът се използва все повече в Европа и Северна Америка. Той предлага възможност за зареждане както с DC, така и с AC и е свързан с автомобили от марки като BMW, Volkswagen, Ford, Audi и други.

В Европа Type 2 конекторът (IEC 62196) е широко използван за AC зареждане. Той се свързва с автомобили като Renault Zoe и BMW i3. Въпреки че не поддържа DC зареждане, е добре установен в Европа и осигурява надеждно зареждане. CCS (Type 2) е разширение на CCS стандарта, използван в Европа, което включва и AC зареждане. Този стандарт се използва от много европейски производители на автомобили, включително BMW, Volkswagen и други, за автомобили с възможности за DC и AC зареждане.

В Китай се използва конекторът GB/T (GBT 20234) като национален стандарт, съвместим с DC и AC зареждане. Той е свързан с автомобили, произведени от компании като BYD и NIO.

Изборът на конектор зависи от географския регион, производителя на автомобила и предпочитаната стратегия за зареждане, както е описано на Фиг. 15. Глобалните стандарти, като CCS, стават все по-разпространени с цел увеличаване на съвместимостта между автомобилите и наличността на зарядни станции. Въпреки това е важно да се вземе предвид съвместимостта на конектора с автомобила и местната инфраструктура при избора на електрически автомобил.

Вградените зарядни устройства (OBC), използвани в електрически и хибридни автомобили, могат да се класифицират според нивата на мощност, които могат да доставят. Тези нива на мощност са критични за определяне на характеристиките на зареждане на автомобила. По-долу ще разгледаме описание на напрежението и нивата на мощност, които обикновено се използват.





	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

Фигура. 14. Видове конектори и тяхното използване в съответните региони

### Стандартните нива на мощност включват „Ниво 1“ и „Ниво 2“.

Ниво 1 се характеризира с еднофазни напрежения от 120 V (в Съединените щати) или 230 V (в Европа) и може да осигури мощност около 1,3–1,9 kW (типично). Това ниво често се използва за домашно зареждане, особено през нощта, и е подходящо за превозни средства с по-малки батерии. Времето за зареждане с Ниво 1 зарядни устройства може да варира в зависимост от капацитета на батерията на автомобила, но обикновено отнема няколко часа, за да се зареди напълно автомобилът от почти празна батерия.

Ниво 2, от друга страна, работи с еднофазни напрежения от 240 V (в САЩ) или 230 V (в Европа) и може да достави по-голяма мощност, обикновено в диапазона 3,7 kW до 22 kW, в зависимост от това дали устройството е в едностепенна конфигурация или двустепенна/многостепенна конфигурация. Това ниво е най-често използвано за домашно и публично зареждане и е подходящо за повечето електрически и хибридни автомобили. Времето за зареждане на ниво 2 е значително по-кратко от това на ниво 1, като много автомобили могат да се заредят напълно през нощта или в рамките на няколко часа, в зависимост от капацитета на батерията.

Що се отнася до високите нива на мощност, намираме „Ниво 3“ или DC бързо зареждане. Това ниво включва значително по-високи напрежения и директно DC преобразуване. Напреженията могат да варират значително, като достигат 600 V или повече, с мощности над 50 kW или дори 350 kW (както при Tesla Superchargers). Нивото 3 осигурява изключително бързо зареждане. В зависимост от конкретното зарядно устройство и автомобила, някои Level 3 зарядни устройства могат да възстановят значителна част от капацитета на батерията за само 30 минути до час. Това ниво е проектирано за много по-бързо зареждане в сравнение с по-ниските нива и се използва в станции за бързо зареждане по магистрала и обществени места (Фиг. 16).

Изборът между еднофазни и трифазни системи зависи главно от наличното напрежение и спецификациите на електрическия автомобил. Еднофазните системи използват една фаза на променлив ток (AC) и са най-често срещаният тип за домашно зареждане. Те са подходящи за еднофазни напрежения от 120 V или 230 V и предоставят удобен начин за домашно зареждане, като осигуряват сравнително по-бързи времена на зареждане в сравнение с Ниво 1.





Тази конфигурация е идеална за домашно зареждане и превозни средства с батерии с умерен капацитет. Двустепенната конфигурация е по-сложна и използва два AC/DC преобразувателя: един за зареждане при ниска мощност и един за зареждане при висока мощност, често от 22 kW до 350 kW или повече. Тя е идеална за превозни средства, които изискват широк диапазон на мощността за зареждане. Осигурява по-голяма гъвкавост и поддържа DC зареждане с висока мощност, като значително намалява времето за зареждане.

Многостепенната конфигурация е най-усъвършенстваната и използва три или повече AC/DC преобразувателя. Тя е проектирана да обработва изключително високи мощности на зареждане, като тези над 350 kW, което прави възможно ултра-бързото зареждане. Тази конфигурация е критична за товарни превозни средства и публични станции за зареждане с висока мощност. Въпреки това, тя е и най-сложна и скъпа за реализиране.

В обобщение, изборът на конфигурация на ОВС зависи главно от изискванията за мощност на електрическите превозни средства. Едностепенните конфигурации са подходящи за умерена мощност и домашно зареждане, докато двустепенните и многостепенните конфигурации са от съществено значение за високопроизводително и ултра-бързо зареждане, често свързано с товарни автомобили или публични зарядни станции. Сложността и разходите се увеличават с броя на етапите, така че изборът се определя от необходимостта за поддръжка на конкретни мощности на зареждане.

### **Токоизправител**

Токоизправителят е ключов компонент в електрическите преобразувателни системи и често е първата фаза на преобразуване във всяка конфигурация на вграденото зарядно устройство (ОВС) в електрическите автомобили. Неговата основна функция е да преобразува електрическата енергия от първоначална форма, обикновено променливо напрежение (AC), в използвана форма, а именно постоянно напрежение (DC).

Това преобразуване е от съществено значение за ефективното зареждане на батериите на електрическите автомобили.

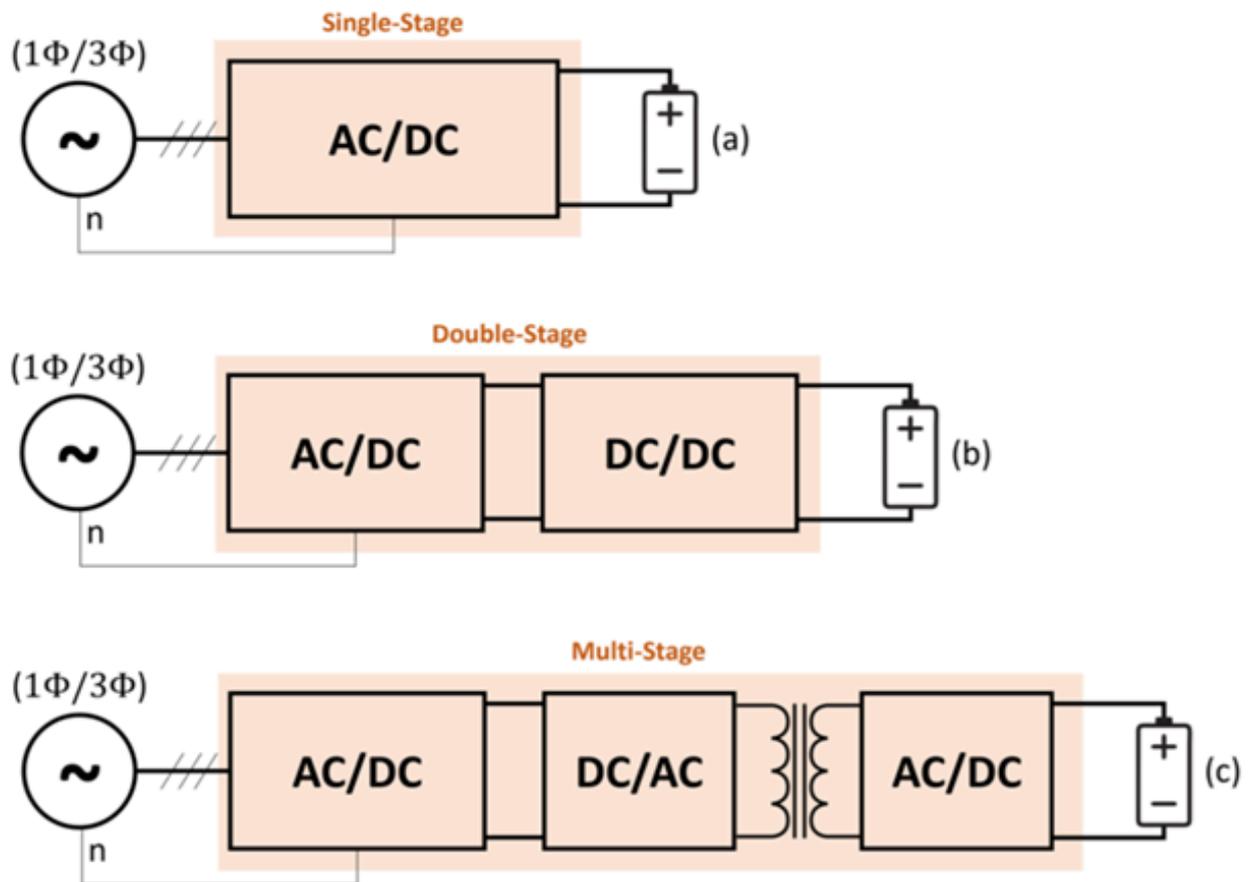
Съществуват два основни типа токоизправители: пасивни и активни, всеки с различен принцип на работа.

Пасивен токоизправител: Пасивният токоизправител използва пасивни компоненти като диоди за преобразуване на AC в DC. Дiodът е ключовият компонент в пасивния токоизправител. Работата на пасивния токоизправител протича в две фази:

- **Еднополупериоден** (Half-Wave Rectification): В тази фаза диодът позволява преминаването на положителното напрежение от входящия AC, като блокира отрицателното напрежение. Това означава, че само половината от AC вълната се предава към изходния DC. Процесът е неефективен, тъй като половината от енергията се губи.
- **Двуполупериоден** (Full-Wave Rectification): В тази фаза се използват два диода, за да се улавят както положителната, така и отрицателната част на AC вълната. Това води до по-ефективно преобразуване, но все още не е перфектно, тъй като AC вълната е разделена на две отделни половини и резултатът е пулсираща DC вълна.

Активен токоизправител: Активният токоизправител използва транзистори или контролирани полупроводникови устройства за по-ефективно преобразуване на AC в DC в сравнение с пасивния токоизправител. Съществуват два основни типа активни токоизправителя: мостов токоизправител и управляем токоизправител.

- **Мостов токоизправител:** Този тип активен токоизправител използва четири диода в мостова верига за преобразуване на AC в DC. Работата му е подобна на тази на пасивния пълновълнов токоизправител, но използва четири диода вместо два. Това позволява по-пълно преобразуване на AC в DC и е най-често използваният тип ректификатор в домашни приложения.
- **Управляем токоизправител:** Този тип токоизправител използва контролирани транзистори или GTO (Gate Turn-Off) устройства, за да регулира изходното напрежение според необходимостта. Тези устройства могат да се включват или изключват по контролиран начин, позволявайки по-точно и гъвкаво преобразуване на AC в DC. Управляемите токоизправители се използват в приложения, където е необходим точен контрол на напрежението, например в комутационни захранвания.



Фигура. 15. Типични конфигурации на OBC устройство: (a) едностепенна конфигурация с едно устройство, което изпълнява функцията на...



AC/DC; (b) двустепенна конфигурация с токоизправител за достигане на нивото на DC-link напрежение и „компактен“ DC/DC преобразувател, свързан към батерията; и (c) многостепенна конфигурация, при която е интегрирана типична галванична изолация.

Основни разлики между неуправляем и управляем изправител:

**Ефективност:** Управляемите токоизправители бикновено са по-ефективни от неуправляемите, тъй като намаляват загубите на мощност.

**Контрол:** Управляемите токоизправители позволяват по-прецизен контрол на изходното напрежение.

**Приложения:** неуправляем токоизправители са подходящи за прости приложения, докато активните се предпочитат, когато е необходима по-сложна и точна електропреобразователна система.

Като цяло изборът между неуправляем и управляем токоизправители зависи от конкретните нужди на приложението и изискванията за ефективност и точност.

DC/DC преобразуватели играят ключова роля в ОВС устройствата на електрическите превозни средства, като позволяват ефективно управление на електрическата енергия. Основната им цел е да регулират входящото постоянно напрежение (DC) до необходимото напрежение за зареждане на батерията или за хранване на други системи в автомобила.

Тези преобразуватели често са проектирани да работят в различни режими в зависимост от специфичните нужди на автомобила и контекста на използване. Някои от най-често срещаните режими включват:

**Buck режим:** В този режим преобразувателят намалява входното DC напрежение до по-ниско ниво на изходното DC напрежение. Тази операция е полезна, когато е необходимо да се понижи напрежението на тяговата батерия за хранване на устройства с по-ниско напрежение, като охлаждащата система или контролния модул.

**Boost режим:** Boost режимът е противоположен на Buck режима. В този случай преобразувателят увеличава входното DC напрежение до по-високо ниво на изходното DC напрежение. Това е от съществено значение, когато трябва да се зареди батерията при по-високо напрежение, отколкото това, предоставяно от електрическата мрежа.

**Buck-Boost режим:** Този режим позволява регулиране както на по-високи, така и на по-ниски напрежения спрямо входното напрежение. Той е полезен, когато се изисква максимална гъвкавост при управлението на мощността.





**Изоляционен режим:** Някои DC/DC преобразуватели са проектирани да осигуряват електрическа изолация между входа и изхода. Това е важно за гарантиране на безопасността и защитата на автомобилните вериги.

**Режим на регулиране:** DC/DC преобразувателите могат да се използват и за регулиране на изходното напрежение според конкретните изисквания за зареждане на батерията, като се гарантира, че батерията получава правилното напрежение и ток по време на процеса на зареждане.

DC/DC преобразувателите в ОВС устройствата често са проектирани да бъдат високоефективни, за да минимизират загубите на енергия по време на преобразуване. Това е от съществено значение за максимизиране на пробега на електрическите автомобили и намаляване на оперативните разходи. Като цяло DC/DC преобразувателите играят ключова роля в екосистемата на електрическите превозни средства, като осигуряват надеждна и ефективна работа на ОВС устройствата и оптимизирано управление на мощността.

Филтри за електромагнитни смущения (EMI) са съществен компонент на вградените зарядни устройства (ОВС) при хибридни и електрически автомобили. Основната им функция е да управляват и намаляват електромагнитните смущения, генерирани по време на процеса на зареждане.

По време на зареждане могат да възникнат колебания на ток и напрежение, които генерират електромагнитни смущения. EMI филтрите са проектирани да улавят тези смущения и да ги отвеждат към земя или да ги абсорбират, като предотвратяват разпространението им в електропреносната мрежа или влиянието им върху други електронни устройства. Регулаторните органи и стандартите за електромагнитна съвместимост (EMC) поставят ограничения върху нивото на електромагнитни смущения, които едно устройство може да излъчва. Инсталирането на EMI филтри помага да се гарантира, че ОВС устройството отговаря на тези изисквания, като се избягват законови санкции и се осигурява безопасна и ефективна работа.

ОВС устройствата съдържат чувствителни електронни компоненти, като контролни вериги и мощностни устройства. Електромагнитните смущения могат да повредят или нарушат правилната работа на тези компоненти. EMI филтрите ги защитават от вредни смущения. Освен това, EMI филтрите предотвратяват външни смущения, като радио вълни или други източници, да повлияят на функционирането на ОВС устройството.

Регулациите за електромагнитна съвместимост, като CISPR (Commission Internationale de l'Éclairage Special Committee on Radio Interference) и FCC (Federal Communications Commission), налагат ограничения върху електромагнитните излъчвания на електрически и електронни устройства. ОВС устройствата трябва да бъдат проектирани в съответствие с тези разпоредби, за да се осигури електромагнитна съвместимост с други електронни устройства и да се избегнат нежелани смущения.





Освен това, регулациите могат да се различават в зависимост от региона. Например в Европа маркировката CE е задължителна и показва съответствие със стандартите за електромагнитна съвместимост (EMC).

EMI филтрите са критични компоненти в ОВС устройствата на хибридни и електрически автомобили, тъй като те помагат да се гарантира, че процесът на зареждане е ефективен, безопасен и съобразен със стандартите за EMC. Наличието им е от решаващо значение за защита на електронните компоненти, предотвратяване на външни смущения и осигуряване на съответствие с изискванията за проектиране.

## **ПРЕГЛЕД НА ТЕХНОЛОГИИТЕ ЗА ЗАРЕЖДАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА**

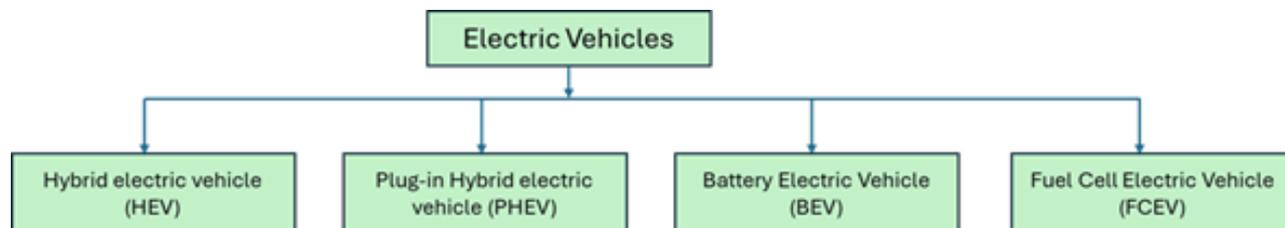
Продължаващото глобално нарастване на търсенето на електрически превозни средства поставя пред инженерите редица нови предизвикателства. Приемането на електрическите автомобили носи няколко предимства, като намаляване на въглеродния отпечатък, понижаване на вредните емисии в околната среда и подобряване на качеството на въздуха в населени райони. Това е от решаващо значение, тъй като в гъсто населени градски райони, където преобладават превозни средства с двигатели с вътрешно горене, високите нива на фини прахови частици във въздуха представляват сериозен проблем.

Освен подобряването на самите електрически автомобили, е необходима инвестиция в зарядни станции. Растящата интеграция на зарядни станции за електромобили в електропреносната мрежа въвежда редица предизвикателства, като планиране, поддържане на стабилна работа на мрежата без смущения и осигуряване на стабилност и безопасност.

Електрическите превозни средства (EV) и плъгин хибридните електрически автомобили (PHEV) могат да се зареждат на зарядни станции. Повечето потребители предпочитат зареждане у дома. Разширеното внедряване на зарядни станции на работни места, обществени паркинги, бензиностанции, големи вериги супермаркети и други локации ще допринесе за бързото развитие на сектора. Най-големият пазар на електрически превозни средства е Китай, където продажбите непрекъснато растат с бързи темпове, следван от Европа. Бързото разрастване в Европа се подпомага от множество програми на Европейската комисия, които насърчават продажбите. В Германия всеки, който закупи нов електрически автомобил, получава субсидия от 10 000 €.

Електрическият автомобил (EV) включва един или повече електрически мотори и батерия с високо напрежение с интегрирана система за зареждане. Електрическият мотор може да осигурява пълно електрическо задвижване или да работи заедно с двигателя с вътрешно горене (ICE), в зависимост от типа EV. Освен това електрическият мотор функционира като генератор и осигурява енергия за зареждане на батерията чрез двупосочен DC-AC преобразувател по време на спиране и забавяне на автомобила. Обратно, преобразувателят позволява преминаване на енергия от батерията към мотора по време на режим на шофиране.

Хибридно превозно средство има конвенционална конструкция с двигател с вътрешно горене (ICE) и батерия, която захранва автомобила с гориво и електрическа енергия. Капацитетът на батерията определя пробег на автомобила в електрически режим. На пазара се предлагат два типа хибридни превозни средства: хибридни електрически автомобили (HEV) и плъгин хибридни електрически автомобили (PHEV).



Фигура. 16. Видове електрически превозни средства

### Нива на зареждане и оборудване

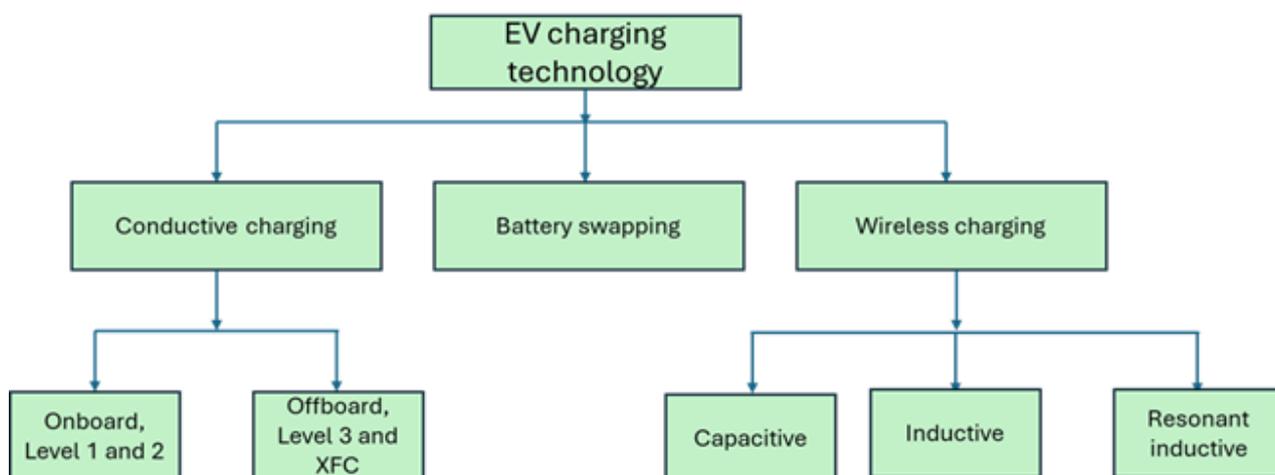
Съществуват различни технологии за зареждане на електрически превозни средства (EV), адаптирани към специфичните им технически и енергийни изисквания. За да се улесни тяхната пазарна интеграция и да се повиши конкурентоспособността им спрямо традиционните превозни средства с двигатели с вътрешно горене (ICE), са разработени и внедрени стандартизирани нива и модели на електрическо зареждане.

Електрическата трансмисия на плъгин EV обикновено включва батерия с високо напрежение (осигуряваща стабилни нива на напрежение и ток), система за управление на батерията (BMS), преобразуватели за регулиране на напрежението, контролни устройства и инвертори за задвижване.

Системите за зареждане на EV могат да се класифицират според няколко критерия: вградени (onboard) или външни (offboard); еднопосочни или двупосочни, в зависимост от посоката на потока на енергията; с трансформатор или без трансформатор. Методи за зареждане включват проводниково зареждане, смяна на батерията и безжично (индуктивно) зареждане, както е илюстрирано на Фигура 17.

Най-широко използваният метод е проводниковото зареждане, при което батерията е свързана директно към електропреносната мрежа чрез кабел. Този тип зареждане се категоризира в три нива – Level 1 до Level 3 – според стандарта SAE J1772, и четири режима – Mode 1 до Mode 4 – според стандарта IEC 61851-1.

Безжичното зареждане използва променящи се магнитни полета за предаване на енергия от мрежата към батерията на превозното средство. В зависимост от принципа на работа, този тип зареждане се разделя на три основни категории: капацитивно, индуктивно и резонансно индуктивно.



Фигура. 17. Технологии за зареждане на електрически превозни средства.“

Спецификациите на различните видове електрически превозни средства са представени в Таблица 1 по отношение на типа превозно средство, капацитета на батерията, пробег и типа на конектора. Пробегът на EV зависи от капацитета на батерията и от профила на потребление по време на шофиране. Следователно съвременните BEV имат по-голям капацитет на батерията и пробег от 200 до 490 км с едно зареждане. Разрастват се бързи и ултра-бързи зарядни станции, за да отговорят на високите изисквания за мощност чрез EVSE. Средно, обичайният BEV се нуждае от около 8 часа, за да зареди батерия с капацитет 60 kWh от празна до пълна, което покрива до 320 км пробег.

Модел на превозното средство	Вид	Пробег (км)	Капацитет на батерията (kWh)	Тип конектор
Volvo XC40	PHEV	43	10.7	CCS, Type 2
Toyota Prius	PHEV	40	8.8	SAE J1772
Nissan Leaf	BEV	480	64	CHAdeMo, Type2



Модел на превозното средство	Вид	Пробег (км)	Капацитет на батерията (kWh)	Тип конектор
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





<b>Модел на превозното средство</b>	<b>Вид</b>	<b>Пробег (км)</b>	<b>Капацитет на батерията (kWh)</b>	<b>Тип конектор</b>
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





Зареждане с кабел се отнася до връзката между зарядния вход на превозното средство и зарядна станция. То се класифицира в три нива – Ниво 1, Ниво 2 и Ниво 3 – в зависимост от мощността на зареждане, както е показано в Таблица 2.

Ниво 1 и Ниво 2 обикновено се използват с вградени зарядни устройства (onboard chargers), работещи с променлив ток (AC), и прилагат същия набор от стандарти. Зарядното устройство от Ниво 1 работи с еднофазно захранване 120 V AC и осигурява най-бавната скорост на зареждане, с мощност до 1,92 kW, без да изисква допълнителна инфраструктура. Поради ниската мощност този тип зареждане е подходящ за продължително или нощно зареждане, като обикновено отнема между 10 и 40 часа за пълно зареждане на EV батерия с капацитет от 15 до 60 kWh.

Ниво 2 предлага значително по-бързо зареждане в сравнение с Ниво 1, което го прави предпочитан за интеграция в обществени сгради и паркинги. Благодарение на по-високата си мощност, времето за зареждане с Ниво 2 е 3 до 5 пъти по-кратко. Тези зарядни устройства могат да доставят до 19,2 kW, използвайки еднофазно захранване 240 V. За целта са необходими специализирани електрически компоненти и правилен монтаж. Времето за зареждане обикновено варира между 2 и 3 часа за батерии с капацитет от 30 до 50 kWh.

Зарядните конектори за Ниво 1 и Ниво 2 отговарят на стандарта IEC 62196-2 в Европа, докато в САЩ се прилагат стандартите SAE J1772 и Tesla Supercharger.

Ниво 2 зарядните станции обикновено се намират в обществени гаражи, търговски центрове и офис сгради. Те поддържат функции за интелигентно зареждане, включително контрол чрез мобилно приложение и планиране на зареждането. За оптимизация на използването на електропреносната мрежа някои Ниво 2 станции предлагат възможност за двупосочно зареждане. Това позволява използването на батерията на превозното средство като временно енергийно хранилище (V2G – Vehicle-to-Grid). Развитието на такива технологии играе ключова роля за интеграцията на електромобилите в бъдещите интелигентни енергийни системи.



Нива на зареждане	Мощност на зареждане (kW)	Тип на зарядното устройство	Място на зареждане	Време за зареждане	Захранване (мощност)
Ниво 1	1.44 - 1.9	Вградено бавно зареждане	Домашни	200 km – 20h	230V, Еднофазно
Ниво 2	3.1-19.2	Вградено полу-бързо зареждане	Частни или промишлени	200 km – 5h	230V, еднофазно
Ниво 3	20-350	Зарядан станция бързо зареждане	Промишлени	80% of 200 km – 5h	400V три фазно
Екстремно бързо зареждане XFC	>350	Зарядан станция супер-бързо зареждане	Промишлени	Приблизително 5min с висока плътност на заряд	1000V DC, 400A



Използването на постоянен ток (DC) за Level 3 зареждане позволява както променлив ток (AC), така и постоянен ток (DC) да се прилагат за бързо и ефективно зареждане на батериите на електрическите превозни средства (EV). Системите за Level 3 зареждане работят в широк диапазон на мощност – от 20 kW до 350 kW – като доставят DC напрежения между 300 Vdc и 800 Vdc чрез външни зарядни станции. Тези зарядни устройства са свързани директно към превозното средство чрез off-board модули, интегрирани в трифазна електропреносна мрежа. Зарядни устройства с мощност 90 kW или повече могат да постигнат време за зареждане между 0,2 и 0,5 часа, което е значително по-бързо в сравнение с Level 1 и Level 2 системите. За Level 3 зареждане се използват различни стандартизирани интерфейси, включително CHAdeMO, Tesla Supercharger и CCS Combo 1 и 3.

Въпреки високата ефективност на Level 3 зарядните устройства, системите с по-ниска мощност (Level 1 и 2) оказват минимално влияние върху електропреносната мрежа по време на пикови натоварвания. Масовото внедряване на DC бързи зарядни устройства може да доведе до претоварване на местната дистрибуторна инфраструктура поради високия моментален енергиен разход. Поради тази причина се препоръчва интеграция на интелигентни енергийни системи за управление на натоварването и оптимизация на потреблението.

Системите за екстремно бързо зареждане (XFC) предлагат производителност на зареждане, сравнима с презареждането на превозно средство с двигател с вътрешно горене. Тези системи поддържат мощности над 350 kW и използват вътрешни DC шинни напрежения от 800 Vdc, което позволява пълно зареждане на батерията за приблизително пет минути. XFC станциите са проектирани с усъвършенствани силови електронни компоненти, включително твърдотелни трансформатори (SST), изолирани DC-DC преобразуватели и AC-DC преобразувателни етапи с прецизни контролери.

Технологията SST предлага значителни предимства спрямо конвенционалните трансформатори с мрежова честота – включително по-висока ефективност, по-компактен дизайн и подобрена селективност на защита. Освен това SST позволява многостепенно преобразуване и гъвкаво управление на енергийния поток в реално време. XFC станциите са особено подходящи за транспортни коридори и логистични хъбове, където времето за престой е критичен фактор. Разработват се хибридни конфигурации, комбиниращи соларни панели и енергийни буфери, за да се намали натоварването върху мрежата. Очаква се инфраструктурата за XFC да играе ключова роля в изграждането на високоефективни, устойчиви екосистеми за зареждане на EV в бъдеще.



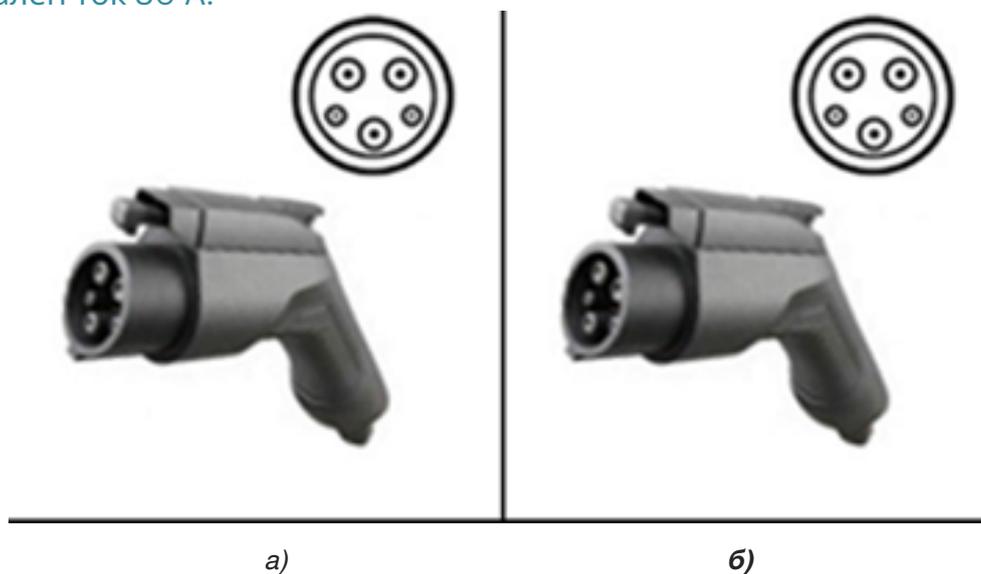
## Зарядни конектори за електрически превозни средства

Зарядните устройства за електрически превозни средства (EV) се състоят от няколко ключови компонента – включително захранващи контакти, конектори, кабели и щепсели, които заедно формират ядрото на оборудването за захранване на EV (EVSE). Тези елементи осигуряват безопасно и надеждно зареждане, разреждане и защита на електрическата система. Техните технически характеристики и приложими стандарти могат да варират в зависимост от националните регулаторни рамки и изискванията на пазара. Въпреки това, регулаторните органи и производителите активно си сътрудничат, за да осигурят интероперативност чрез разработването на международни стандарти, комуникационни протоколи и универсални конектори както за бавни, така и за бързи системи за зареждане, като това помага да се избегнат несъответствия и технически проблеми.

AC зарядните устройства обикновено се използват за бавно зареждане, при което пълното зареждане може да отнеме между 6 и 8 часа. За разлика от тях, DC зарядните устройства са основно предназначени за бързо зареждане и поддържат мощности до 400 kW, което значително намалява общото време за зареждане.

Конекторите за EV могат да се класифицират в три основни групи според стандарта IEC 62196-2, който насърчава съвместимостта между различните марки превозни средства и зарядната инфраструктура.

Тип 1 конектори са широко използвани в Япония и САЩ за AC еднофазно зареждане и следват стандартите SAE J1772. Те имат ниска мощност на зареждане (максимален капацитет до 19,2 kW) с напрежение 120 V или 240 V и максимален ток 80 A.



Фигура. 18. Тип 1 AC конектор, а) Япония, б)САЩ.



Тип 2 конектори се считат за стандартен тип във всички страни, които поддържат еднофазно и трифазно зареждане, съгласно стандартите IEC 61851-1. Тип 2 – Mennekes конектори се използват в Европа, а Тип 2 – GB/T се използват в Китай. Този конектор поддържа зареждане с мощност до 22 kW.



Фигура. 19. Тип 2 конектор.

Със зарядните устройства или суперзарядни станции осигуряват най-бързата скорост на зареждане, като следват Combined Current System (CCS) и стандартите IEC 62196. Стандартът IEC 62196-3 определя четири типа конфигурации на съединители за DC бързи зарядни устройства:

- Конфигурация AA (CHAdeMO)
- Конфигурация BB (GB/T)
- Конфигурация EE (CCS-Combo 1)
- Конфигурация FF (CCS-Combo 2)



Фигура. 20. DC конектор CHAdeMO



Фигура. 21. DC конектор CCS Combo 1.

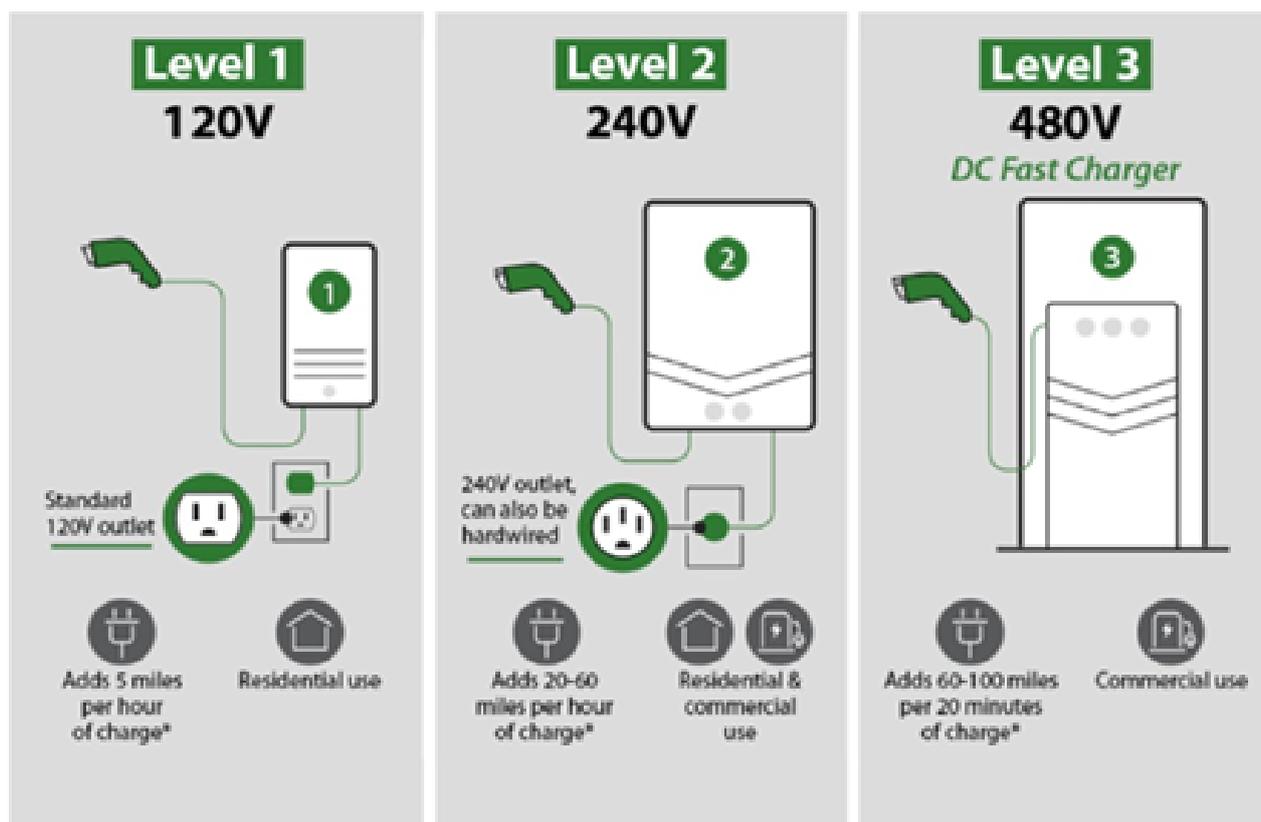


### Ниво 3 Зареждане / DC бързо зареждане (DCFC)

Проектирани за комерсиална употреба, Level 3 зарядните устройства работят с 480 V и до 125 A ток при 90 kW мощност. За да зареждат батерията на EV директно, този тип зарядни устройства заобикалят вградения AC-DC конвертор, използван при другите видове зареждане.

Средното време за зареждане е между 30 и 60 минути, като се осигуряват приблизително 95–160 km пробег на всеки 20 минути зареждане.

Основният недостатък е високата цена на инсталацията, която изисква високомощна електрическа инфраструктура. Освен това, Level 3 зареждането въвежда технически предизвикателства, като управление на термичния режим на батерията.



Фигура. 22. Типове зарядни станции



## Типове конектори – J1772 (Тип 1)

J1772, известен още като J Plug, е стандартният конектор, използван в Северна Америка и Япония за Level 1 и Level 2 AC зареждане.

Характеристики:

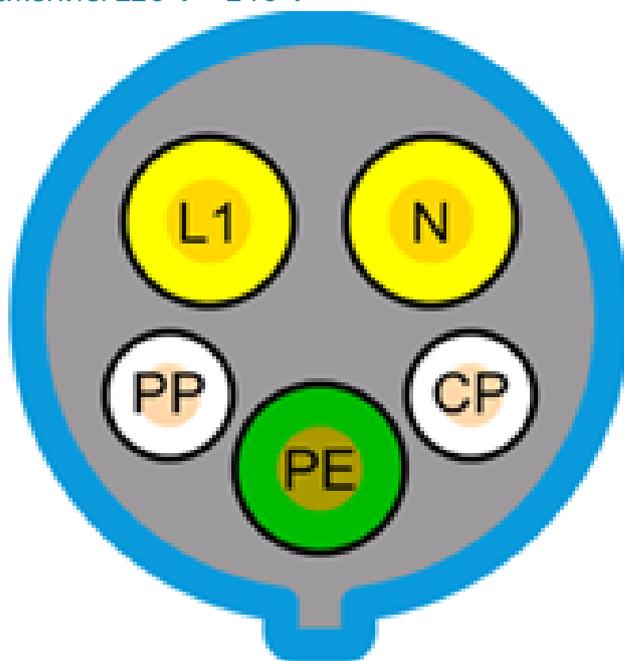
- Пет пина:
  - Две еднофазни AC линии (L1, L2/N)
  - Control Pilot (CP) за сигнализация след включване
  - Proximity Pilot (PP) за сигнализация преди включване
  - Protective Earth (PE)

Недостатъци:

- Поддържа само еднофазно зареждане
- Липсва заключващ механизъм, който се използва при други конектори

Захранващо напрежение: 120 V – 240 V

Ток: 16 A – 80 A



Фигура. 23. J1772 (Тип 1) конектор

## Mennekes конектор (Тип 2)

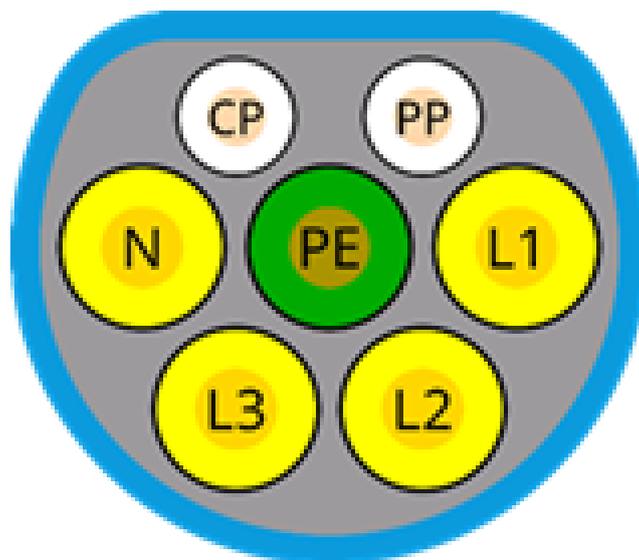
Type 2 конекторът е AC Level 2 заряден конектор, главно използван в ЕС и Великобритания.

Характеристики:

- Поддържа еднофазен ток (32 A, 230 V) и трифазен ток (32 A, 400 V), което го прави по-гъвкав от Type 1 конектора.
- Разполага със заключващ механизъм, който предотвратява случайното изключване по време на зареждане.
- Използва 7 пина:
  - 3 фазови пина (работят с трифазен AC)
  - 1 неутрален пин (N)
  - CP (Control Pilot)
  - PP (Proximity Pilot)
  - PE (Protective Earth)

Максимална изходна мощност:

- 7,6 kW при 230 V
- 22 kW при 400 V

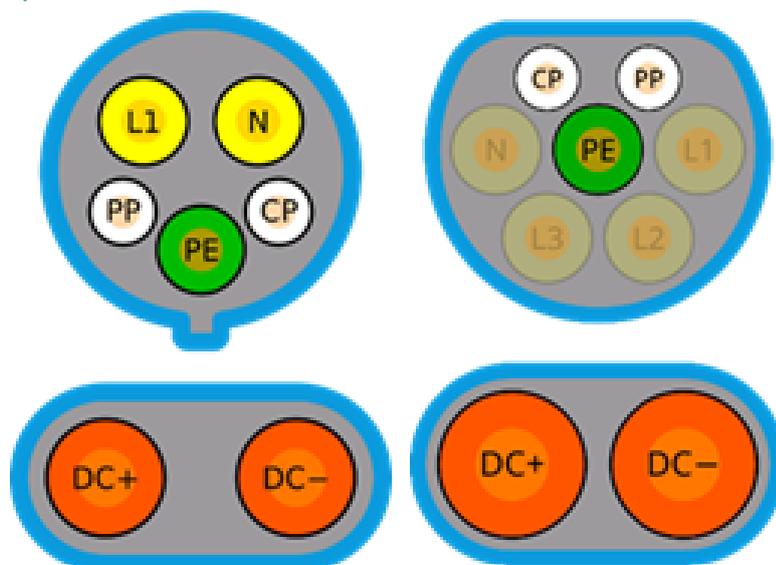


Фигура. 24. Тип 2 конектор

### Комбинирана зарядна система Конектор (Тип 1 и Тип 2)

Комбинираният конектор за система за зареждане тип 1 (CCS Combo 1) е разширение на J1772 за Северна Америка, а тип 2 (CCS Combo 2) е за ЕС и Обединеното кралство. С двата добавени DC пина те позволяват бързо зареждане с висока мощност. CCS Combo 1 и CCS Combo 2 са най-използваните конектори за зареждане за ниво 3 / DCFC съответно в Северна Америка и Европа.

CCS Combo 1 използва 480 V и има максимален ток 500 A, като по този начин осигурява мощност 360 kW. От друга страна, CCS Combo 2 използва малко по-ниско напрежение от 400 V, но максималният ток и мощност са същите като при Combo 1.



Фигура. 25. CCS Combo 1 (ляво) и CCS Combo 2 (дясно) конектори

## CHAdeMO

Конекторът **CHAdeMO**, произведен в Япония, е стандарт за DC бързо зареждане, който поддържа максимален ток 400 A при 400 V, осигурявайки мощност 400 kW.

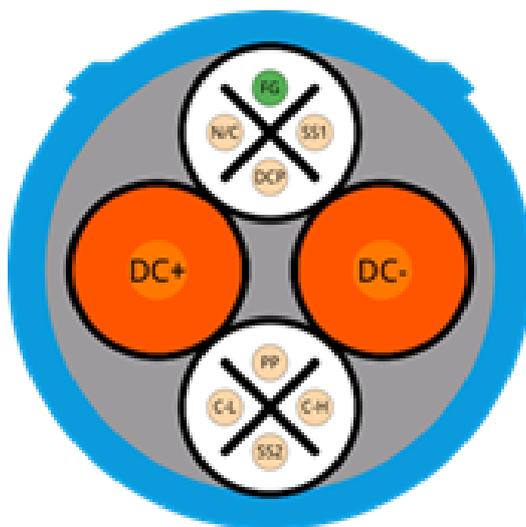
Характеристики:

- Брой пинове: 10 (две от тях са за данни, а не за захранване)
- Използва CAN Bus комуникационен протокол

Имената на пиновете: Ground (FG), Charge sequence signal (SS1/SS2), Not connected (N/C), Charging enable (DCP), DC Power (DC+/DC-), PP, CAN Bus (C-H, C-L)

Недостатък:

- Изисква допълнителен порт за AC зареждане.

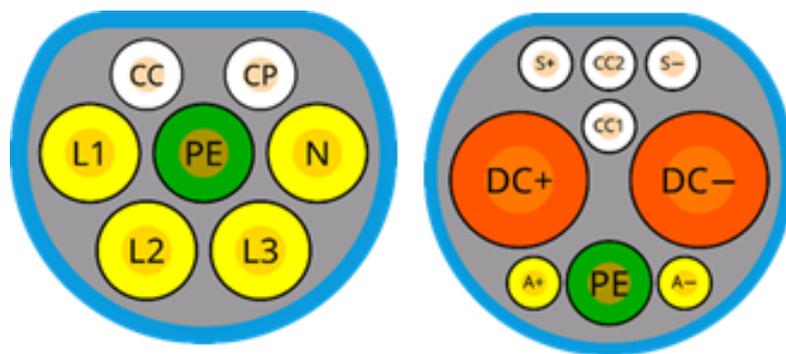


Фигура. 26. Конектор CHAdeMO

## GB/T (AC and DC)

GB/T (национални стандарти Сиобiao) са типове конектори от Китай, единият е за зареждане с променлив ток (ниво 2), а другият е за постоянен ток (ниво 3). Първият работи с трифазно напрежение 250 V и ток 32 A, докато вторият използва 440 V и 250 A. Максималната им изходна мощност е съответно 7,4 kW и 237,5 kW. GB/T (променлив ток) има 7 пина – CC, CP, PE, N, L(1,2,3), а GB/T (постоянен ток) има 9 – S+/S- (CAN Bus протокол), CC1/CC2 потвърждение на диаграмата, DC+/DC- основно постояннотоково захранване, PE, A+/A- допълнително постояннотоково захранване.



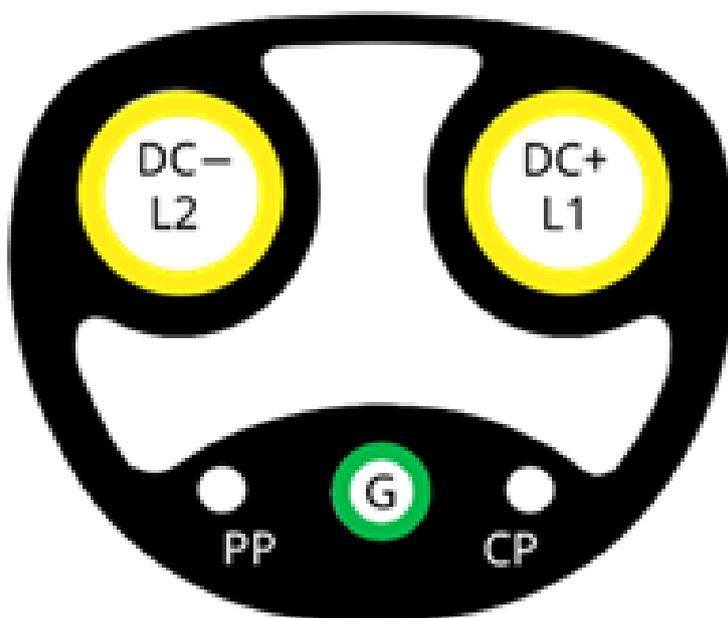


Фигура. 27. GB/T конектори – AC (ляво) и DC (дясно)

## TESLA

В Северна Америка Tesla използва North American Charging Standard (NACS), който поддържа както AC, така и DC зареждане, както и еднофазно и трифазно захранване. За променлив ток NACS може да доставя 48 A ток, а за постоянен ток – до 400 A. Максималната предоставена изходна мощност е 250 kW. Разполага с DC+/L1, DC-/L2, Ground, CP и PP пинове.

В Европа и останалата част от света Tesla предлага адаптери за своите автомобили, които използват J1172 и CCS станции.



Фигура. 28. NACS конектори





## ИНТЕГРАЦИЯТА НА AR И VR ТЕХНОЛОГИИ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА (EVS)

Възходът на електрическите превозни средства (EV) води до паралелна еволюция в начина, по който се проектират, експлоатират и преживяват автомобилите. Освен напредъка в батерийните технологии, автономните системи и силовата електроника, имерсивните технологии – по-специално Разширена реалност (AR) и Виртуална реалност (VR) – играят все по-важна роля във веригата на стойността на EV. Те позволяват по-интелигентни интерфейси, по-ефективни цикли на разработка и по-безопасни среди за обучение и поддръжка.

AR в взаимодействие човек-машина (HMI).

Една от най-значимите приложения на AR в EV е подобряване на HMI.

- AR HUDs (Head-Up Displays) проектират критична информация за шофиране – скорост, навигация, състояние на батерията, адаптивен круиз контрол – директно върху предното стъкло.
- Информацията е прецизно подравнена с полето на зрение на водача, използвайки данни в реално време от GPS, LiDAR и камери, като така се повишава безопасността и се намалява когнитивното натоварване.

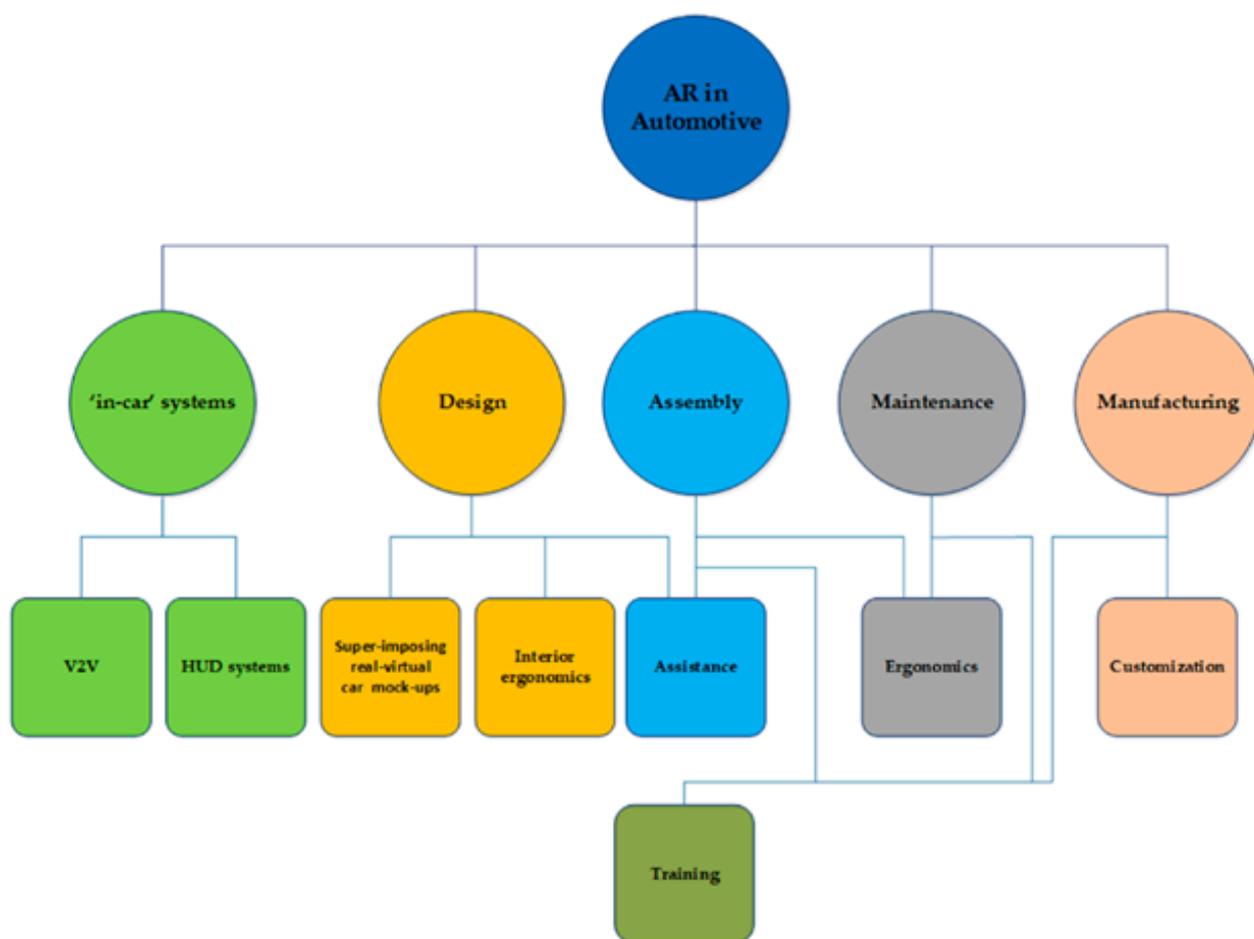
AR за навигация:

- AR може да надлага указания за маршрута – стрелки, индикации за смяна на ленти – върху реалната среда.
- Интегрирани в HUD или мобилни AR приложения, тези системи подпомагат вземането на решения в реално време и позволяват интелигентни корекции на маршрута.
- За EV водачите, AR може да показва наличност на зарядни станции, очаквано време на изчакване и мощност, създавайки по-умно и адаптивно шофьорско изживяване.

AR за диагностика и поддръжка:

- Техници с AR очила или таблети могат да визуализират схеми на системите, маркират кодове за грешки и следват интерактивни инструкции върху физическите компоненти.
- Това намалява времето за обучение, повишава ефективността на сервиза и минимизира човешките грешки, което е критично при високоволтови EV системи с изисквания за строга безопасност.





Фигура 29. Приложения на AR (Разширена реалност) в автомобилната индустрия

Докато AR преобразува интерфейса на превозните средства в реално време, VR променя начина, по който се концептуализират, проектират и валидират електромобилите. Автомобилните инженери вече използват VR среди за бързо прототипиране и цифрово валидиране на платформи за превозни средства. При виртуалните прегледи на проектите екипи от различни дисциплини – механика, електротехника и софтуер – могат съвместно да оценяват ергономичните разположения, термичното опаковане на батерийните модули или сценариите за устойчивост при сблъсък без физически макети. Това води до по-бързи цикли на итерация и намаляване на разходите за прототипиране. VR също играе ключова роля в симулацията на системно ниво. В съчетание с висококачествени физични двигатели, инженерите могат да моделират поведението на задвижващия механизъм, регенеративните спирачни системи и термичните характеристики при различни натоварвания и условия на околната среда. Симулациите на динамиката на превозните средства, базирани на VR, могат да бъдат интегрирани с рамките на Hardware-in-the-Loop (HIL), за да тестват вградените системи за управление в реално време, ускорявайки валидирането на софтуера в реалистични сценарии на шофиране преди изпитанията на пътя.





В производството и обслужването на място VR се използва за обучение на персонала в безопасна, повторяема среда. Работниците могат да се потопят в симулации на процеси по сглобяване на електромобили, процедури за работа с батерии или протоколи за аварийно изключване, като по този начин се намаляват рисковете, свързани с работата с високоволтови системи. Това е особено ценно в ситуации, в които излагането на живо на оборудване би било непрактично или опасно.

От търговска гледна точка, AR и VR също подобряват клиентското преживяване с електромобили. Много OEM производители внедряват виртуални шоуруми и интерактивни конфигууратори, които позволяват на потенциалните купувачи да разгледат характеристиките на превозните средства, да сравнят моделите и да персонализират опциите чрез VR интерфейси – онлайн или в дилърски центрове. Виртуалните тестови шофираня позволяват на клиентите да изпитат реакцията на въртящия момент, динамиката на потребителския интерфейс и дори функциите за подпомагано шофиране в напълно потапяща симулация, което подобрява ангажираността на клиента и водещо до по-бързо решение за покупка.

### **Серия Volkswagen ID – AR HUD**

Електрическите автомобили Volkswagen ID.3 и ID.4 са оборудвани с AR дисплей, който прожектира навигационни стрелки, указания за лентата за движение и информация за адаптивния круиз контрол върху предното стъкло. Системата използва GPS и сензорна фузия (радар, камери), за да съгласува графиките с реалния свят, който вижда шофьорът.

### **Hyundai – AR-базирано приложение за поддръжка**

Hyundai предлага AR мобилно приложение, наречено „Virtual Guide“, което наслагва инструкции за поддръжка и ремонт върху физическите компоненти на автомобила.

Това позволява на собствениците на електромобили да извършват основна диагностика или поддръжка на модели като Hyundai Ioniq 5, използвайки своите смартфони.

### **Porsche Taycan – AR указания за зареждане**

Porsche Taycan, електрически автомобил с висока производителност, интегрира AR, за да помага на шофьорите да намират и да се ориентират до станциите за зареждане, като показва наслагвания с указания за посоката чрез инфоразвлекателния екран или съвместими мобилни устройства.





## **ВИРТУАЛНА РЕАЛНОСТ (VR) В РАЗВИТИЕТО И ОБУЧЕНИЕТО НА ЕЛЕКТРОМОБИЛИ (EV)**

### **Ford – VR in EV Prototyping and Ergonomics**

- Ford използва VR за проектиране и валидиране на интериора на електромобили, като например Mustang Mach-E, като симулира човешкото взаимодействие с сензорни екрани, контроли и ергономичност на седалките преди физическото прототипиране.
- Тяхната платформа Vehicle Environment (iVE) позволява на глобални екипи да си сътрудничат в VR по отношение на опаковката и дизайна на превозните средства.

### **BMW – Виртуално обучение за сглобяване**

- BMW е внедрила VR модули за обучение на своите производствени линии за електромобили (например за BMW iX и i4), за да обучи фабричните работници за инсталирането на високоволтови батерии и протоколите за безопасност.
- Обучаващите се могат да практикуват сложни процедури в среда без риск, което намалява времето за въвеждане в работата и грешките.

### **Audi – VR в клиентското преживяване**

- Audi, включително и линията си електромобили e-tron, използва VR шоуруми, за да позволи на клиентите да разгледат различни конфигурации, да тестват симулации на шофиране и да видят как работят функции като регенеративно спиране.
- Те се използват в дилърски центрове и маркетингови събития по целия свят.

## **СОФТУЕРНИ И ПЛАТФОРМЕНИ ДОСТАВЧИЦИ**

### **Unity и Unreal Engine – симулация на електромобили**

- Автомобилните производители използват игрови двигатели като Unity и Unreal Engine, за да създават VR-базирани симулации на шофиране на електромобили и обучителни среди.
- Тези платформи поддържат потапящи прегледи на дизайна, моделиране на динамиката на превозните средства и визуализация на производителността на батериите.

### **Porsche & Holoride – VR изживяване в автомобила**

- Porsche си сътрудничи с Holoride, компания за VR забавления, за да предложи на пътниците VR изживявания, синхронизирани с движението на електромобила в реално време
- Системата използва телеметрията на автомобила (например ускорение, завои), за да намали гаденето и да подобри потапянето в изживяването за пътниците на задните седалки.



## AR/VR В БЕЗОПАСНОСТТА И АВАРИЙНОТО ОБУЧЕНИЕ НА ЕЛЕКТРОМОБИЛИ (EV)

### Jaguar Land Rover – VR модули за безопасност при високоволтови електромобили

- Jaguar Land Rover разработи VR-базирано обучение по безопасност при високоволтови електромобили за своите техници и екипи за спешно реагиране, които работят с модели електромобили като Jaguar I-PACE.
- Това обучение включва идентифициране на опасности, използване на лични предпазни средства и симулации на аварийно изключване.

Област на приложение	Технология	Пример
Асистенция за водача	AR	VW ID.4 – AR HUD за навигация и безопасност Augmented Reality Head-Up Display Система за проектиране на информация върху предното стъкло с добавена реалност“?
Потребителско изживяване	VR	Audi e-tron – VR шоуруми и виртуални тестови шофирования“
Поддръжка и обучение	AR/VR	Hyundai Виртуален наръчник, BMW фабрично обучение чрез виртуална реалност (VR)
Проектиране и прототипиране	VR	Ford Mustang Mach-E – валидиране на дизайна чрез виртуална реалност (VR)
Развлечение и инфотеймънт	VR	Porsche + Holoride – виртуална реалност (VR) за пътниците на задните седалки





## REFERENCES

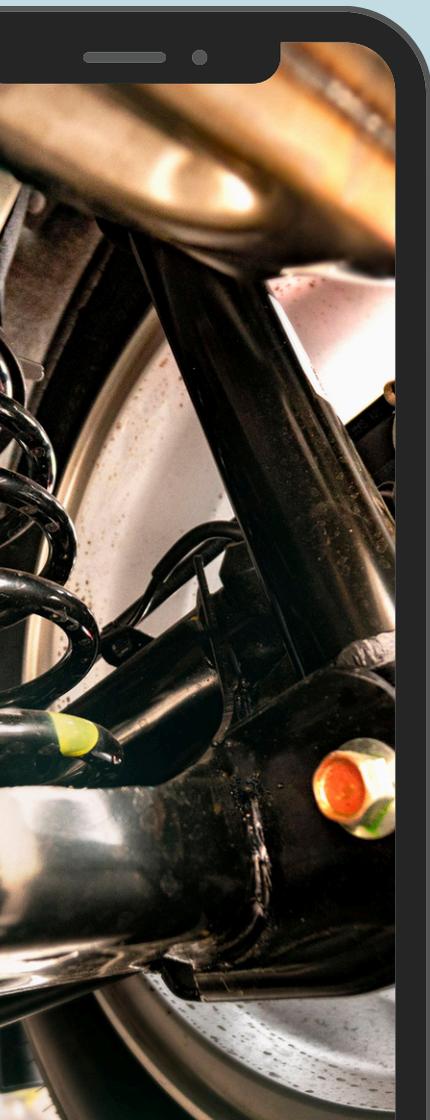
1. <https://www.mdpi.com/2076-3417/10/12/4259>
2. IEA (2025), IEA, Paris <https://www.iea.org/energy-system/transport/electric-vehicles>
3. IEA (2025), Global electric car sales, 2014-2024, IEA, Paris <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-electric-car-sales-2014-2024>, Licence: CC BY 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>





## Глава-3

# ДВИГАТЕЛНА СИСТЕМА НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА



# ОСНОВИ НА

## СИСТЕМИТЕ ЗА УПРАВЛЕНИЕ, ОКАЧВАНЕ И СПИРАНЕ

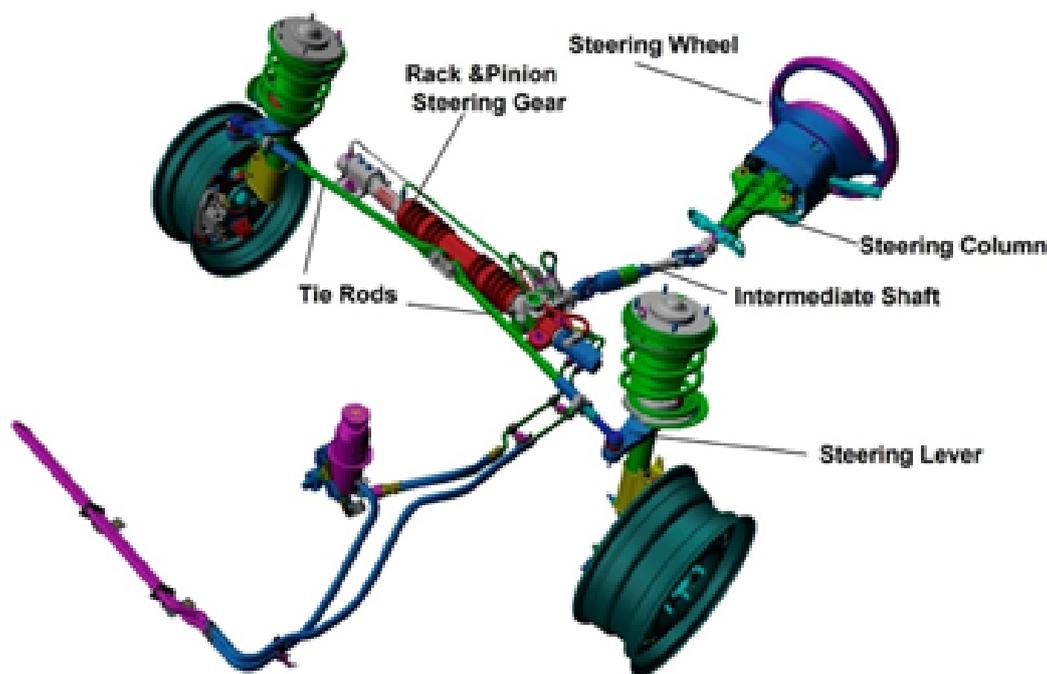
Колите са сложни машини, проектирани да транспортират хора и товари ефективно, удобно и безопасно. В сърцето на функционирането на автомобила стоят различни взаимосвързани подсистеми, като всяка играе ключова роля за осигуряване на правилното изпълнение на предназначението на превозното средство. Добре интегрираният автомобилен дизайн гарантира, че тези подсистеми работят съвместно безпроблемно, предоставяйки на водача плавно и контролирано шофиране. Тези подсистеми могат да бъдат широко категоризирани според различните аспекти на тяхната работа.

### Система за кормилно управление

Системата за управление позволява на водача да контролира посоката на движение на автомобила. Добре функциониращата система за управление осигурява безопасност, управляемост, маневреност и комфорт по време на шофиране. С появата на електронните системи и технологията за автономно шофиране, системите за управление се развиват от чисто механични връзки към интелигентни модули за управление. Типичната система за управление се състои от няколко основни части, които работят заедно, за да превърнат действията на водача в движение на колелата:

- **Волан:** Интерфейс между водача и механизма за управление.
- **Колона на кормилното управление:** вал, който свързва кормилното колело с кормилния механизъм.
- **Кормилен механизъм (предавателна кутия):** преобразува въртеливото движение на колоната на кормилното управление в странично движение, за да завърти колелата. Общите типове включват зъбни рейки и системи с рециркулиращи топки.
- **Свързващи щанги:** свързват кормилния механизъм с кормилните шарнири, позволявайки контролирано движение
- **Кормилни шарнири** – въртящи се точки, които позволяват на колелата да се въртят наляво или надясно.
- **Система за сервоуправление:** осигурява хидравлична или електрическа помощ за повишаване на прецизността и намаляване на усилието при кормилното управление.

Системата за кормилно управление позволява на водача да насочва автомобила по желания път чрез завъртане на предните колела. Когато завъртите волана, той завърта кормилната колона, която е свързана със системата за управление (обикновено зъбно-рейкова или с циркулиращи сачми). Този механизъм преобразува въртенето на волана в странично движение, което бута или дърпа накрайниците, свързани с колелата. Колелата се завъртат около шенкелите си и променят посоката плавно според подаденото управление. Правилното регулиране на геометрията на колелата гарантира стабилност и прецизен контрол по време на движение.



Фигура 1. Части на кормилната система – Източник

Хидравличното или електрическото сервоуправление значително улеснява водача в съвременните автомобили, като намалява необходимото физическо усилие. Хидравличното сервоуправление (HPS) използва налягане на течността, генерирано от помпа (обикновено задвижвана от двигателя), за да подпомага завиването. Електрическото сервоуправление (EPS) разчита на електрически мотор за оказване на помощ, подобрява горивната ефективност и позволява усъвършенствани функции като асистент за поддържане на лентата и самопаркиране.

Кормилните системи изискват редовна проверка, за да се гарантират безопасността и ефективността. Рутинната поддръжка, като регулиране на геометрията на колелата, проверка на нивото на течността и навременна подмяна на износени компоненти, може да удължи живота на системата. Често срещани проблеми са: Трудно завиване, което може да показва ниско ниво на течността за сервоуправление или неизправност на помпата при HPS, или повреда на мотора при EPS, луфт или нестабилност в управлението, причинени от износени накрайници на кормилните щанги, зъбна рейка или тампони, вибрации във волана, които често се дължат на небалансирани колела или износени части от окачването.



## ОКАЧВАНЕ НА АВТОМОБИЛА

Окачването на автомобила осигурява комфорт при пътуване, стабилност на превозното средство и подобрена управляемост и контрол, като абсорбира неравности по пътя и поддържа контакт на гумите с настилката (особено при завиване, спиране или ускорение). Добре проектираната система за окачване служи като посредник между купето на автомобила и пътя и е от решаващо значение за безопасността, комфорта и производителността на превозното средство. С развитието на автомобилните технологии, системите за окачване стават все по-интелигентни и адаптивни. Типичната система за окачване се състои от няколко основни компонента:

**Пружини:** Поддържат теглото на превозното средство и абсорбират и разпределят енергията от неравности и дупки по пътя. Често срещани видове са: винтови пружини, листови пружини, торсионни щанги и въздушни пружини (виж фигурата по-долу).

**Амортизьори (демпфери):** Контролират разпъването и свиването на пружините, за да предотвратят прекомерното подскачане.

**Амортизьорна стойка тип Макферсон:** Структурен компонент, който комбинира винтовата пружина и амортизьора в едно цяло (виж фигурата по-долу).

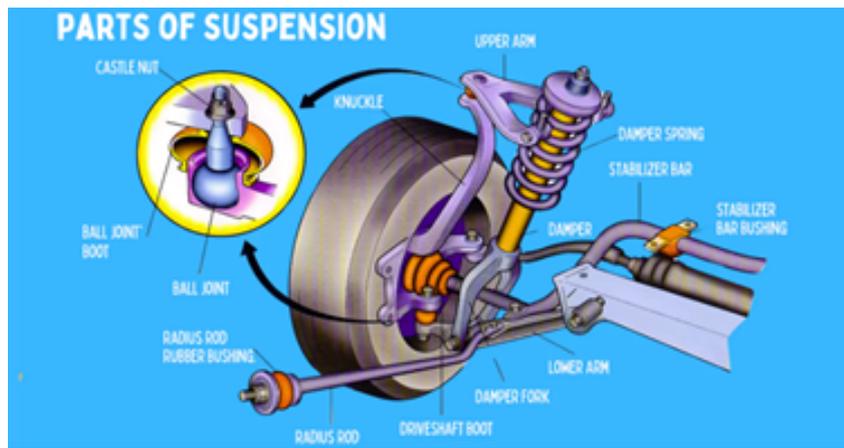
**Контролни рамена:** Свързват колелата с шасито, позволявайки движение нагоре и надолу.

**Шарнири и втулки:** Гъвкави съединения, които позволяват контролирано движение на компонентите на окачването. Те намаляват триенето и шума между металните части.

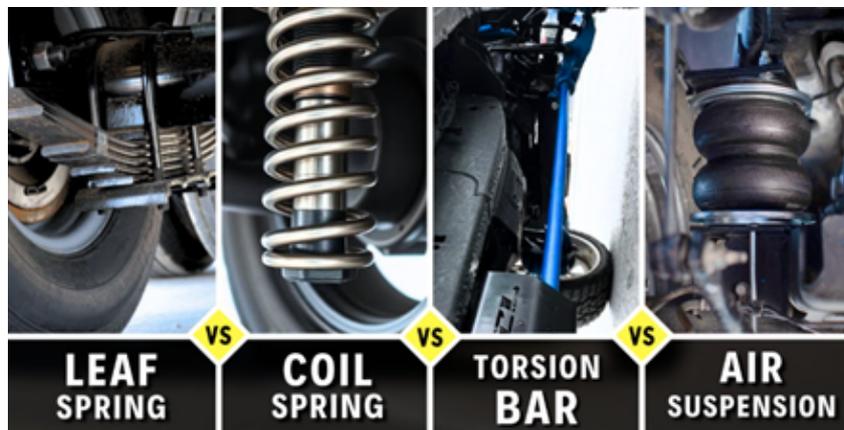
**Стабилизиращи щанги (антинаклонни щанги):** Намаляват накланянето на купето при завиване за по-добра стабилност.

Съвременните системи за окачване стават все по-усъвършенствани, като могат да регулират твърдостта и демпфирането в реално време за оптимална производителност. Някои от последните иновации включват адаптивно или активно окачване, което регулира силата на демпфиране според условията на шофиране, използвайки сензори и задвижващи механизми за контрол на вертикалното движение на колелата и осите спрямо шасито.





Фигура 2. Различни части от окачванеот на автомобиля



Фигура 3. Видове пружини



Фигура 4. Макверсон



Системите за окачване на автомобилите могат да бъдат разделени на два основни типа:

1. **Зависимо окачване с твърда ос** – твърда ос свързва колелата като движението на едното колело влияе върху другото този тип е често срещан при камиони SUV превозни средства и по-стари автомобили осигурява здравина но с по-малко комфорт и прецизност в управлениет.
2. **Независимо окачване** – всяко колело се движи независимо осигурява по-добро управление и комфорт но е по-сложно и скъпо за ремонт този тип окачване е често срещан при съвременни леки автомобили. Примери за независимо окачване са “Макверсон” който комбинира амортисьор и винтова пружина в една компактна и икономична конструкция и двойно носещо рамо което използва две контролни рамена за закрепване на колелото предлага по-добър контрол но е скъп и се използва предимно при спортните автомобили.



Фигура. 5. Сравнение на окачвания Макверсон и двойно носещо рамо

Редовната проверка на амортисьори втулки и геометрия на окачването гарантира, че системата функционира правилно и безопасно. Неизправна система за окачване може да доведе до неравномерно износване на гумите прекомерно подскачане или потъване на предницата, нестабилност при управление и тропане или скърцане.

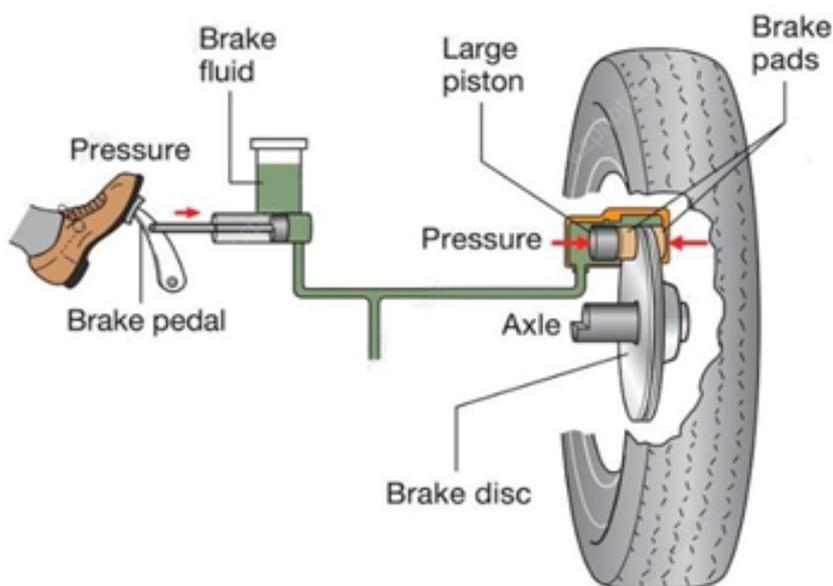
## **СПИРАЧНА СИСТЕМА**

Спирачната система е един от най-важните компоненти за безопасност на автомобила тя осигурява възможност за безопасно и ефективно забавяне или спиране чрез преобразуване на кинетичната енергия в топлина това обикновено се постига чрез триене въпреки че съвременните системи могат да включват хидравлични или електронни компоненти правилно функциониращата спирачна система гарантира безопасността на водача пътниците и пешеходците осигурява контрол при аварийни ситуации и подобрява управляемостта на автомобила при различни пътни условия затова редовната проверка на спирачките е задължителна спирачната система обикновено включва:

- •
- •
- •
- •
- •
- •

- **Спирачен педал** – позволява на водача да започне спирането;
- **Главен цилиндър** – преобразува силата от педала в хидравлично налягане;
- **Спирачни тръби и маркучи** – пренасят спиращата течност от главния цилиндър до спиращите апарати или барабани на всяко колело и предават налягането към спиращките;
- **Дискови или барабанни спиращки** – създават триене за да забавят колелата;
- **Накладки и дискове** – износващи се компоненти които се притискат един към друг за да създадат триене;
- **Антиблокираща спиращна система (ABS)** – предотвратява блокирането на колелата при аварийно спиране чрез бързо пулсиране на спиращките позволявайки на водача да запази контрол;

Когато водачът натисне спиращия педал главният цилиндър преобразува тази сила в хидравлично налягане спиращата течност преминава през тръбите до апаратите които притискат накладките към дисковете те се въртят заедно с колелата и така се създава триене което забавя колелата и спира автомобила при автомобили с ABS сензори следят скоростта на колелата ако някое колело е на път да блокира ABS използва спиращките за да запази сцеплението. При съвременните автомобили се наблюдават нови тенденции като Brake-by-wire технология използваща електронно управление вместо хидравлично. Регенеративни спиращки, които се използват при хибридни и електрически превозни средства, те преобразуват кинетичната енергия в електрическа.



Фигура. 6. Части на спиращната система.



## ПРИМЕРИ ЗА МЕХАНИЧНО-ЕЛЕКТРИЧЕСКА ИНТЕГРАЦИЯ В EV

Иновативните решение в автомобилната индустрия доведоха до прехода от двигатели с вътрешно горене (ДВГ) към електрически превозни средства (EV). Докато традиционните автомобили са предимно с механични системи, EV съдържат подсистеми, които разчитат на синергия между механични компоненти като шаси, задвижване, силов агрегат, термални системи и електрически елементи като батерии, мотори, силова електроника и други. Тази комбинация интегрира двата типа подсистеми, за да се постигнат по-ефективни, по-безопасни и оптимизирани компоненти, намалявайки пространството и теглото, което положително влияе върху сложността на конструкцията и сглобяването.

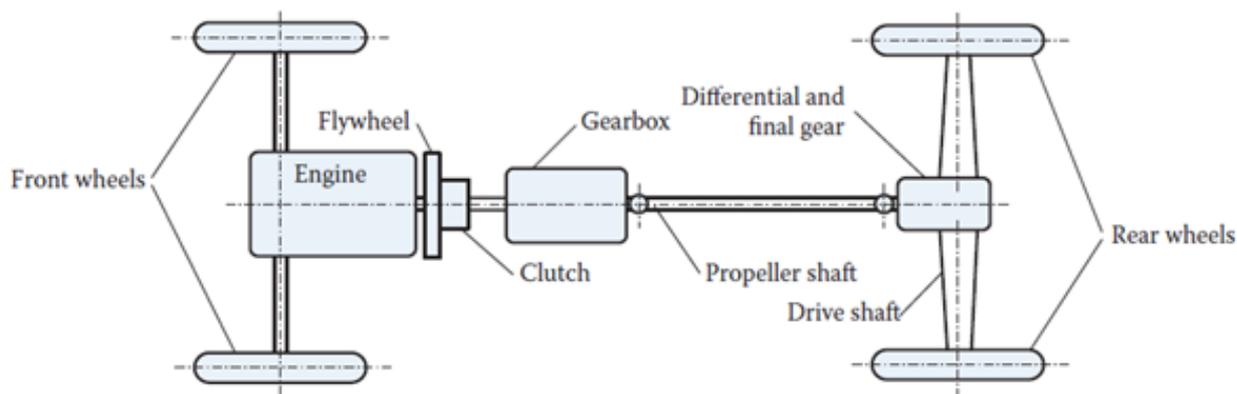
Един от ключовите компоненти в механично-електрическата интеграция са батерийните пакети, използвани за съхранение на електрическа енергия, представляващи най-значимите и тежки елементи на всяко EV. Интеграцията се изразява в монтирането на батерийните модули като структурен елемент на шасито на превозното средство, осигурявайки компактен продукт, който допринася за здравината на шасито. Друг компонент на EV е електрическият мотор, който замества ДВГ в традиционните автомобили. Интеграцията е свързана основно със съчетаването на електромотора със скоростна кутия и охладителна система, което осигурява ефективна консумация на енергия. Системите за силова електроника, които включват инвертори, преобразуватели и управляващи блокове (CU), управляват потока на енергия в EV и обикновено са интегрирани с електромоторите в задвижващи модули. Общи охладителни системи също се включват в шасито на EV, за да осигурят оптимални работни температури за батерийните пакети, моторите и другата електроника. Спирачните системи, при които се използва регенеративно спиране за възстановяване на кинетична енергия, са пример за синергия между механичните спирачки и електронните управляващи системи на EV.

### АРХИТЕКТУРА И НИВА НА ИНТЕГРАЦИЯ

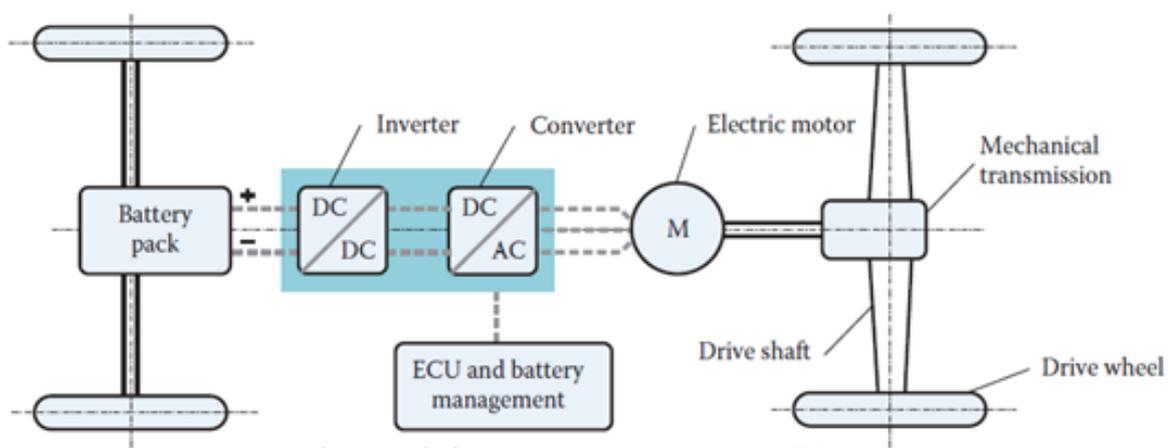
#### ИНТЕГРАЦИЯ НА НИВО КОМПОНЕНТ

Интеграцията на компонентно ниво се основава на преработване на отделни компоненти с цел получаване на унифицирани елементи за електрически превозни средства, които са оптимизирани, както физически, така и функционално. При конвенционалните двигатели с вътрешно горене, механичната енергия от двигателя се предава чрез съединител и къс вал към скоростната кутия, която от своя страна предава енергията към диференциалните зъбни колела и задвижва колелата чрез два задвижващи вала (виж фигура 7a). При EV, интеграцията на компонентно ниво комбинира силова електроника и електрически мотори (виж фигура 7b), където постоянният ток от батериите се преобразува в променлив ток за моторите. Получената механична енергия се предава към задвижващите колела чрез задвижващ вал, като интегрираните конструкции намаляват сложността, минимизират необходимото пространство за монтаж и осигуряват гъвкавост. Инверторът гарантира надеждно захранване при поискване чрез електронно управление и мониторинг на мотора.





Фигура 7а: Конвенционална структура



Фигура 7б Конвенционална структура на EVs

Пример за това е електрическият задвижващ модул, показан на фигура 8, който подобрява енергийната плътност и термичното управление, но може да увеличи разходите за ремонт поради модулния дизайн, който изисква пълно разглобяване при подмяна на отделен елемент.

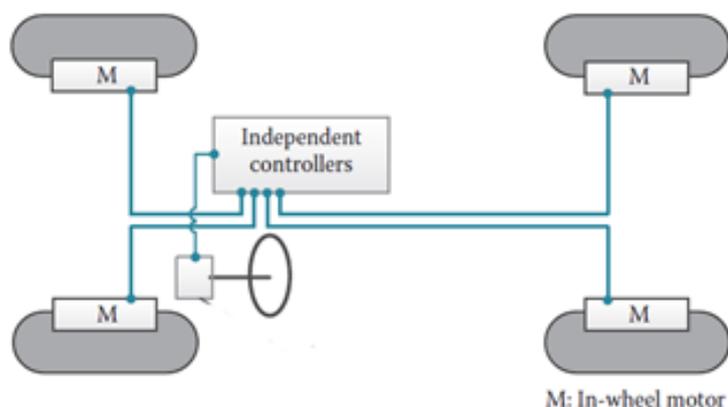


Фигура. 8. Задвижващ модул – Bosch.



## ПРИМЕРИ ЗА ИНТЕГРАЦИЯ НА ПОДСИСТЕМИ

Тази интеграция комбинира множество компоненти в единни функционални модули, като например електрически задвижващи модули, които обединяват мотори, инвертори и трансмисии в една сглобка. Пример за това е задвижването с мотор в колелото, което опростява механичния дизайн на електрическите превозни средства. Моторите в колелата могат да бъдат използвани при предно, задно или задвижване на четирите колела (виж фигура 9), като директно задвижват превозното средство и предлагат регенеративно спиране. Предимствата включват гъвкаво производство и висок въртящ момент за впечатляващо ускорение.



Фигура.9. Мотор интегриран в колелото

Модулните дизайни намаляват сложността и позволяват персонализиране на мощността, въртящия момент и пространството за монтаж. Системата eAxle на Bosch (виж фигура 11) е компактен модул, който може да се използва в различни модели електрически превозни средства.

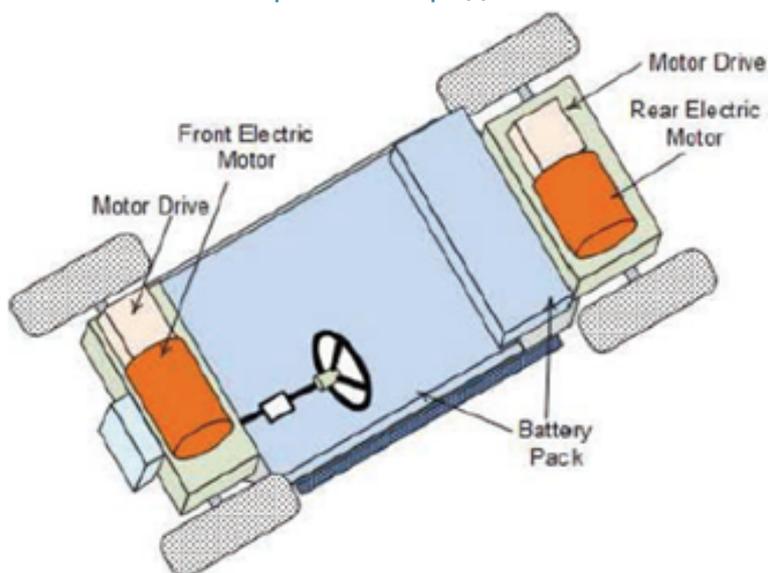


Фигура.11. Система на Bosch eAxle [Source](#)



## СТРУКТУРНА ИНТЕГРАЦИЯ

Структурната интеграция подобрява здравината на превозното средство и поведението му при удар чрез вграждане на компоненти като батерийни пакети в шасито. Простотата на електрическото задвижване води до дизайни тип „скейтборд шаси“, при които енергийните източници и електрическите задвижващи системи са вградени в самото шаси (виж фигура 12). Първоначално внедрен от GM през 2002 г. (шаси AUTOnomy), този концепт позволява по-голяма гъвкавост, повече пространство за пътници и модулни платформи за различни типове превозни средства.



Фигура.12. Шаси тип “Скейтборд”

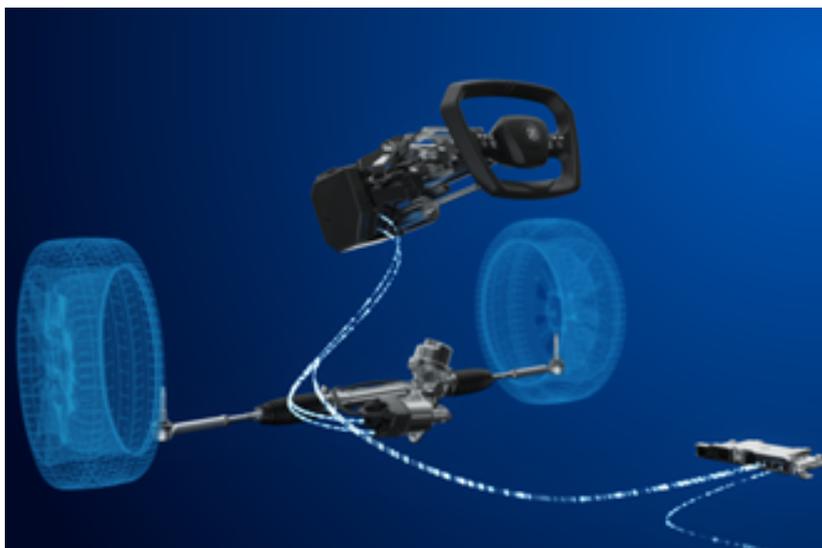
## ПРИМЕРИ ЗА ТЕХНОЛОГИЯ “BY-WIRE”

Превозните средства използват педали и волани, които предават командите на водача към задвижващите компоненти на автомобила чрез механични елементи. Използването на електронни компоненти и електромеханични задвижващи механизми за заместване на механични и хидравлични компоненти при ДВГ се нарича технология „by-wire“. Примери за технологии „by-wire“ са steer-by-wire и brake-by-wire.

## ТЕХНОЛОГИЯ “STEER-BY-WIRE”

Тази технология използва алгоритми, електроника и задвижващи механизми, за да елиминира механичните връзки в управлението (управляващ вал, колона и редуктор). Без физическа връзка между волана и гумите, моторните контролери използват сензори за позиция и обратна връзка от фазовия ток, за да управляват изходния въртящ момент (виж фигура 13).

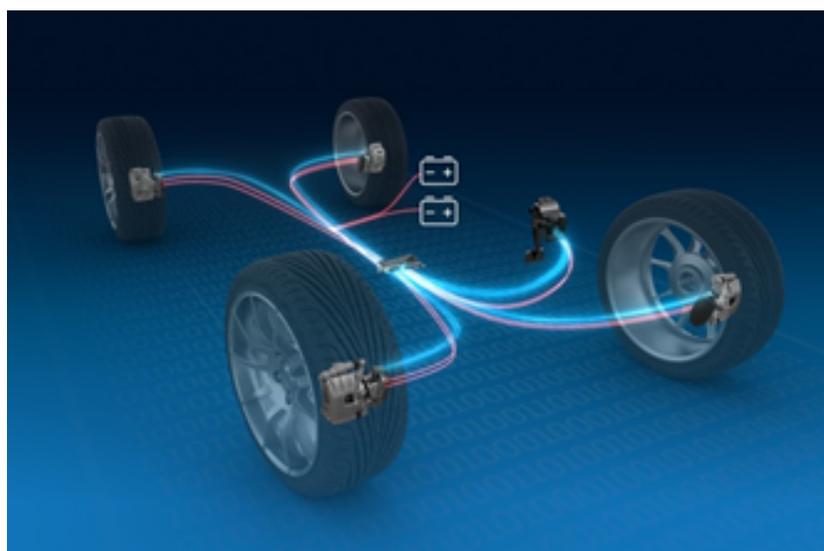
- •
- •
- •
- •
- •
- •



Фигура. 13. Технология "Steer-by-wire" [Source](#)

### ТЕХНОЛОГИЯ "BRAKE-BY-WIRE"

Brake-by-wire активира спирачките чрез електронно управление и електромеханични задвижващи механизми, като поддържа всички функции на конвенционалните хидравлични спирачки, но предлага по-бърза реакция, по-плавен контрол, подобрена компоновка и по-лесен монтаж (виж фигура 14). Технологията опростява функциите за безопасност и стабилност и подобрява горивната ефективност чрез намаляване на съпротивлението. Премахването на хидравлични помпи и спирачна течност повишава надеждността и улеснява поддръжката. Сензори за сила изчисляват силата на притискане на спирачките, като обратната връзка генерира команди за въртящ момент към електромоторите на задвижващите механизми.



Фигура. 14. Технология "Brake-by" [Source](#)

## ОБУЧИТЕЛЕН СЦЕНАРИИ ЧРЕЗ ВИРТУАЛНА РЕАЛНОСТ AR/VR: ПРИ ПОВРЕДИ В СПИРАЧНАТА СИСТЕМА И ЦЕЛИЯ РЕМОНТЕН ПРОЦЕС

### ВЪВЕДЕНИЕ

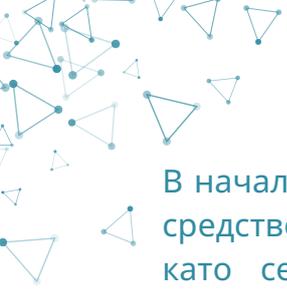
С нарастващата сложност на електрическите превозни средства способността за обучение на техници в диагностика и ремонтни процеси става от решаващо значение. Традиционното практическо обучение е ограничено от разходи, безопасност и достъп до реални системи с повреди. Допълнителната и виртуалната реалност (AR и VR) предлагат потапящи, интерактивни обучителни среди, в които студенти и професионалисти могат да взаимодействат с реалистични симулации на сценарии с повреди. Този раздел се фокусира върху разработването и педагогическата стойност на AR/VR обучителен сценарий, насочен към повреда в спирачната система на електрически превозни средства..

### ПРЕДСТАВЯНЕ НА ПРОЦЕСА

Следният сценарий поставя обучаемия в детайлно виртуално работно пространство, което наподобява професионален сервиз за електрически превозни средства. Шаси на електрически автомобил в реален мащаб е окачено на програмируем подежник, заобиколено от различни диагностични инструменти, цифрови мултиметри и системна аналитика в реално време, проектирана на монтирани по стените екрани. Участниците във VR навигират пространството с помощта на очила за виртуална реалност, докато AR потребителите използват таблети или смарт очила, за да наслагват интерактивни визуализации върху физически компоненти на спирачната система.



Фигура. 15. Виртуална реалност при изследване на спирачна система на автомобил.



В началото студентите наблюдават как управляващата система на превозното средство издава серия от кодове за грешки чрез симулиран OBD-II интерфейс, като се подчертават аномалии в работата на brake-by-wire системата. Предупредителни индикатори като мигаща икона на ABS и цветово кодирана скала за възстановяване на енергия насочват вниманието към основната неизправност – неправилен изход от регенеративното спиране. Подробни телеметрични графики могат да показват например колебания в хидравличното налягане и непостоянни команди за въртящ момент към мотора, докато логове с времеви печати могат да посочат постепенно намаляване на възстановените киловатчасове по време на тестове за забавяне.

След това студентите трябва да използват виртуалния скенер, като докосват икони за извличане на описания на грешките и достъп до данни от сензори в реално време. Те могат да поставят симулацията на пауза, за да прегледат графики с исторически показатели или да анализират сурови CAN bus съобщения за откриване на нередности в широчинно-импулсната модулация и грешки в броя на импулсите от енкодера. След събирането на диагностичните данни обучаемите физически или виртуално взаимодействат със спирачния задвижващ механизъм, използвайки жестови команди за отваряне на корпуса и инспекция на отделните части.

## **СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ НА ПРОЦЕСА НА РЕМОНТ**

Симулационният работен процес на ремонта. Включва следните стъпки:

1. Първоначална диагностика;

Сканиране на системата с помощта на виртуален диагностичен таблет:

- Включване на таблета и избор на профил „Спирачна подсистема“.
- Преглед на потоци от данни в реално време за хидравлично налягане, ток на мотора на задвижващия механизъм и напрежение от сензори.
- Използване на жестови команди или сензорен екран за замразяване на конкретни кадри от данни за по-задълбочена инспекция.

Извличане на кодове за грешки, свързани със спирачното задвижване и сензорите за налягане:

- Отваряне на менюто „Кодове за грешки“ за преглед на активните грешки (напр. C1215: Грешка във възвратната връзка на задвижващия механизъм; C1382: Несъответствие в сензора за налягане).
- Докосване на всеки код за прочитане на подробни описания и възможни причини.
- Достъп до предложени стъпки за отстраняване на неизправности, свързани с всеки код за грешка.



Фигура. 16. Извличане на кодове за грешки

### Преглед на логове за историческа производителност и аномалии в сензорите:

- Навигирайте до секцията „Логове за производителност“, за да видите графики с времеви печати, показващи налягането в спирачната линия спрямо скоростта на превозното средство за последните 100 км
- Идентифицирайте маркирани аномалии, при които стойностите надвишават предварително зададените допустими граници
- Прегледайте времевата линия, за да свържете спадове или пикове в налягането с предупреждения от ABS системата и отклонения в командите за въртящ момент

### 2. Инспекция на компоненти

Интерактивно разглобяване на спирачния задвижващ механизъм в симулацията:

- Активирайте виртуалния инструмент за демонтаж, за да отключите монтажните болтове и да премахнете капака на задвижващия механизъм
- Използвайте проследяване на ръцете или контролер, за да извадите сглобката на задвижващия механизъм, разкривайки вътрешните зъбни колела и електроника
- Поставете компонентите на виртуалната работна маса за отделна инспекция.

Инспекция и тестване на сензори (напр. сензори за сила, енкодери на мотора):

- Изберете всеки сензорен модул, за да стартирате вградени диагностични процедури (напр. тест за калибриране на сензора за сила, проверка на целостта на сигнала от енкодера).
- Наблюдавайте показанията в реално време, като стойности на сила в нютони и брой импулси от енкодера, и ги сравнете с номиналните диапазони.
- Отбележете всеки сензор, който показва нередности или стойности извън спецификацията, за допълнителен анализ.

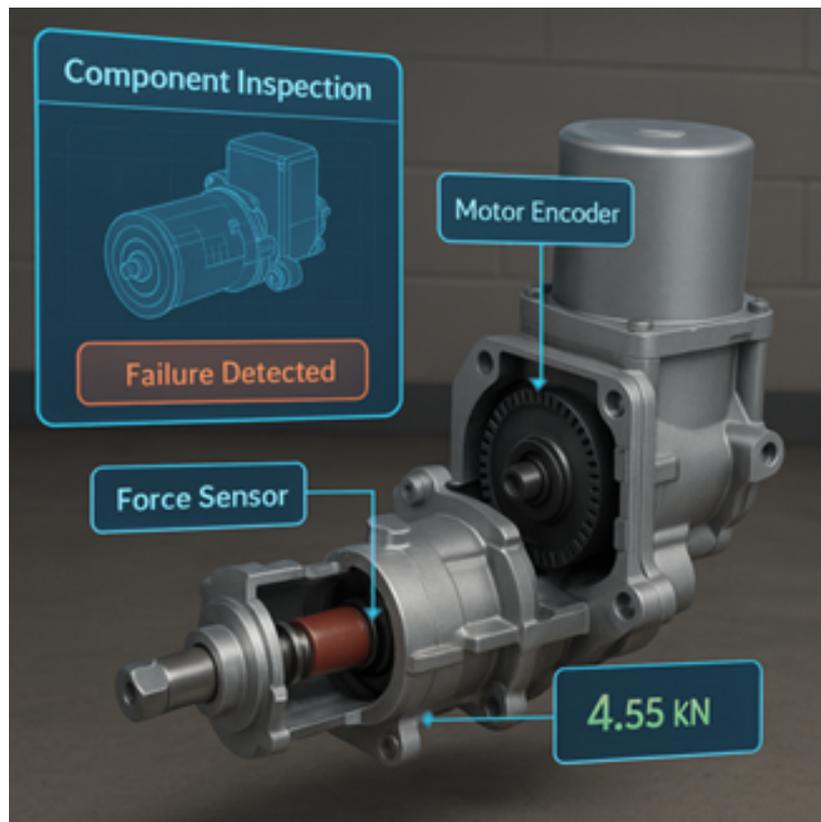


Figure 17. Изпълнение на вградени диагностични процедури

## Използване на AR-налагвания за визуализация на данни и намиране на повреди:

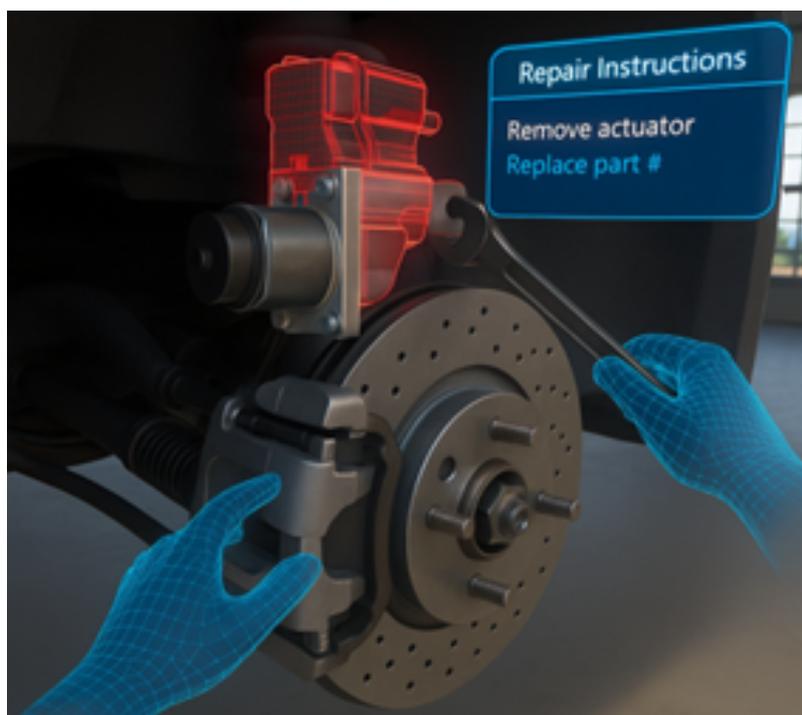
- Активиране на AR-режим за наслагване на топлинни карти директно върху корпуса на задвижващия механизъм, показващи термични горещи точки.
- Показване на цветово кодирани анотации за сензорните възли, включващи последно известни стойности на напрежение/ток и история на неизправности.
- Превключване между режими на наслагване (напрежение, температура, амплитуда на вибрации) за точно локализиране на местата на повреда.

### 1. Ремонт и подмяна

Премахване и виртуална подмяна на дефектен задвижващ механизъм или сензор:

- Демонтиране на повредения задвижващ механизъм/сензор от неговото закрепване с помощта на виртуален инструмент.
- Извличане на резервна част от дигиталния склад и подравняване с монтажните точки;
- Закрепване на новия компонент, като се затягат монтажните болтове до зададените стойности на въртящ момент.





Фигура 18. Виртуална подмяна на дефектен задвижващ механизъм

### **Прекалибриране на управляващия блок с помощта на симуирани софтуерни инструменти:**

- Стартиране на интерфейса за калибриране на виртуалния диагностичен таблет.
- Изпълнение на процедурата „Brake Actuator Zero-Point“ за нулиране на позиционните отклонения.
- Настройка на праговете за налягане и коефициентите за обратна връзка според спецификациите на производителя.
- Запазване и проверка на параметрите на калибриране чрез изпълнение на тестов цикъл на задействане.

### **Актуализиране на фърмуера на системата при необходимост:**

- Достъп до „Firmware Manager“ от менюто на симулацията.
- Качване на последния фърмуерен образ и стартиране на процеса на актуализация.
- Проследяване на лентите за напредък и логовете, за да се гарантира успешно флашване без грешки.
- Бързо рестартиране на управляващия блок и потвърждение, че номерът на версията съвпада с актуализираното издание.

## 1. Валидация

Извършване на виртуален пътен тест (напр. градски маршрут с често спирания и потегляния):

- Избор на сценарий „City Loop“ от менюто на симулацията.
- Навигиране през кръстовища, светофари и пешеходни пътеки.
- Изпълнение на множество спирачни събития при различни скорости и пътни условия (мокро, сухо, наклонено).



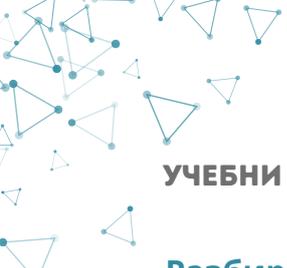
Фигура 19. Виртуален пътен тест

**Мониторинг на телеметрия в реално време: налягане в спирачната система, време за реакция на задвижващия механизъм, поведение на ABS:**

- Показване на плаващ телеметричен панел, визуализиращ текущи криви на налягането в спирачната линия и графики на позицията на задвижващия механизъм.
- Наблюдение на индикаторите за активиране на ABS и честотата на импулсите по време на аварийни спирания.
- Проследяване на латентността на реакцията между натискането на педала и движението на задвижващия механизъм, за да се гарантира съответствие с целевите показатели за производителност.

**Проверка на контролния списък за безопасност преди приключване на симулацията:**

- Потвърждение, че всички диагностични кодове за грешки са изчистени.
- Уверяване, че измереното налягане в спирачната система и времето за реакция на задвижващия механизъм са в допустимите граници.
- Проверка, че ABS се активира само при достигане на прагови условия и не блокира колелата.



## УЧЕБНИ ЦЕЛИ

### **Разбиране на функционалността на системите за електронно управление на спирачките (brake-by-wire) и регенеративно спиране:**

- Обяснение на принципите на електронно задействане на педала, обработка на сигнала и механика на задвижващите механизми.
- Описание на интеграцията между регенеративно и фрикционно спиране, с цел максимално възстановяване на енергия и гарантиране на безопасност.
- Сравнение на различни архитектури за спиране при електрически превозни средства, включително стратегии с един мотор срещу два мотора за регенерация.

### **Диагностика на повреди чрез цифрови инструменти и системна обратна връзка:**

- Работа с виртуални диагностични таблети за извличане и интерпретиране на грешки, логове от сензори и графики на производителността.
- Корелация на кодовете за грешки с телеметрия в реално време, като криви на налягане, пикове на ток в моторите и събития на активиране на ABS.
- Използване на исторически логове, за да се идентифицират периодични повреди и аномалии в модела на спирачна производителност.

### **Прилагане на процедурни стъпки за подмяна и калибриране на компоненти от спирачната система на EV:**

- Следване на безопасни протоколи за разглобяване в добавена или виртуална реалност, включително правилен избор на инструменти и спецификации за въртящ момент.
- Изпълнение на процедури за подмяна на задвижващи механизми и сензори, с гарантирано точно подравняване на частите и електрически връзки.
- Извършване на калибриране на нулева позиция, процедури за обезвъздушаване и конфигуриране на управляващия блок чрез симулирани софтуерни интерфейси.

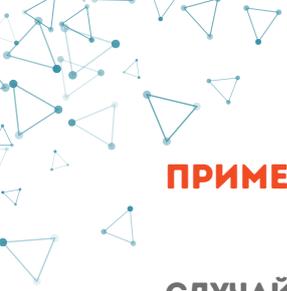
### **Оценка на ефективността на ремонта чрез валидиране, базирано на данни:**

- Извършване на виртуални пътни тестове при различни сценарии (градско движение със спиране и потегляне, аварийно спиране при висока скорост), за измерване на резултатите.
- Анализ на ключови показатели за производителност: консистентност на налягането в спирачната линия, латентност на реакцията на задвижващия механизъм и процент на възстановена енергия.
- Документиране на резултатите в електронен дневник, чрез сравнение на данни преди и след ремонта, за потвърждение на възстановяване на параметрите в допустимите граници.

•

• •  
• •  
• •  
• •  
• •

• •



## ПРИМЕРИ ОТ ПРАКТИКАТА

### СЛУЧАЙ НА НЕИЗПРАВНОСТ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛ 1: НЕУСПЕХ НА СИСТЕМАТА ЗА ТЕРМИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА БАТЕРИЯТА

#### 1. Описание на неизправността

Електрическият автомобил показва предупреждение на таблото: „Температурата на батерията е твърде висока. Активиран е режим на намалена мощност.“ Водачът съобщава, че предупреждението се появява след 20–30 минути шофиране. Той изпитва внезапно намаляване на ускорението на превозното средство, а вентилаторът за охлаждане работи непрекъснато, без да се изключва.

#### 2. Първоначална проверка

Сервизният техник проверява резервоара за охлаждаща течност за правилното ниво и търси течове или пукнатини по охлаждащите тръби около батерийния блок. Той слуша работата на вентилатора и за необичайни шумове. След това използва диагностичен инструмент за проверка на кодове за неизправности (DTC).

Често срещаните DTC за този проблем са:

- P0A82 – Ефективност на охладителната система на батерийния блок
- P0A80 – Смяна на хибридният/електрически батериен блок
- U0293 – Загубена комуникация с контролния модул на хибридната/електрическата батерия

#### 3. Подробна диагностична процедура

Сервизният техник се свързва с електронния контролен модул (ECU) на превозното средство и записва DTC, за да наблюдава в реално време данни за температурата на клетките на батерията и състоянието на охлаждащата помпа.

След това той проверява функцията на охлаждащата помпа. Ако помпата не се активира, трябва да се провери напрежението и съпротивлението на конектора на помпата. Следващата стъпка е проверка на сензорите за температура на охлаждащата течност и използване на термокамера за откриване на горещи точки в батерийните модули.

#### 4. Установена основна причина

Да предположим, че сервизният техник е установил неизправността: охладителната помпа е отказала поради вътрешно електрическо късо, което предотвратява циркулацията на охлаждащата течност през батерийния блок и води до прегряване.

#### 5. Корективни действия

Повредената част трябва да бъде заменена. Отказалата охлаждаща помпа трябва да се демонтира чрез разкачане, източване на охлаждащата течност и премахване на тръбите и конекторите. След това нова охлаждаща помпа се монтира чрез повторно свързване на тръбите и електрическите кабели и допълване на системата с охлаждаща течност. Това гарантира, че в системата не остават въздушни джобове.

Накрая сервизният техник трябва да изчисти DTC, да тества помпата чрез диагностичния инструмент и да потвърди нормалния поток на охлаждащата течност и стабилната температура на батерията при натоварване.



## 6. Следремонтно тестване

- Сервизният техник извършва пътен тест с логване на температурата в реално време, за да се увери, че не се появяват нови предупредителни съобщения или диагностични кодове за грешки (DTC).
- След това проверява поведението на вентилатора и нивото на охладителната течност, като потвърждава, че работата на автомобила е възстановена в нормален режим.

## 7. Предаване на автомобила и отчетност

Сервизният техник обяснява на клиента причината за повредата и извършените ремонтни действия, както и дава превантивни съвети – например редовна проверка на нивото на охладителната течност.

Стъпки при процеса:

- Повреда: Предупреждение за температура на батерията, намалена производителност
- Начално: Визуална проверка, сканиране за DTC
- Диагноза: Неотговаряща помпа за охлаждане
- Причина: Вътрешна електрическа повреда в помпата
- Действие: Подмяна на помпата, доливане на охладител
- Тест: Пътен тест, мониторинг на данни
- Завършек: Обяснение за клиента, документация

## СЛУЧАЙ НА НЕИЗПРАВНОСТ ПРИ EV № 1: ОТКАЗ НА СИСТЕМА ЗА ТЕРМИЧНО УПРАВЛЕНИЕ НА БАТЕРИЯТА

### Описание на повредата

Шофьорът забелязва, че превозното средство не забавя както обикновено при отпускане на педала на газта. Декелерацията е намалена, въпреки че усещането от спирачния педал е нормално. Иконата за регенеративно спиране не се появява на таблото, а екранът за енергиен поток показва, че по-малко енергия се връща към батерията.

### Първоначална инспекция

Сервизният техник извършва визуална проверка на сензорите за скорост на колелата и проверява за предупредителни светлини като ABS, ESC и спирачна система. След това преглежда окабеляването на сензора за позиция на спирачния педал и проверява нивото на зареждане на батерията, тъй като регенеративното спиране може да бъде ограничено, когато батерията е почти напълно заредена. Най-важната стъпка в този етап е използването на диагностичен инструмент за сканиране на кодове за грешки (DTC). Типични кодове в този случай могат да включват:

- C1234: Повреда в сензора за позиция на спирачния педал
- P1C73: Регенеративното спиране е деактивирано
- U0401: Невалидни данни от модула за управление на спирачките
- P0C79: Проблем с производителността на инвертора на генератора



### **3. Подробна диагностична процедура**

Сервизният техник свързва диагностичния инструмент и прочита кодовете за грешки (DTC) от модула за управление на спирачките и инвертора. Той наблюдава данните от сензора за позиция на спирачния педал и сигнала за заявка за регенеративно спиране. Провежда тестово шофиране с включен диагностичен инструмент, за да записва състоянието на инвертора, следи стойностите на регенеративния въртящ момент и отчита налягането в спирачната система и сигналите от сензора на педала. Освен това инспектира и тества реакцията на инвертора и мотор-генератора спрямо командата за спиране.

### **4. Идентифициране на основната причина**

Да приемем, че сервизният техник установява, че сензорът за позиция на спирачния педал не функционира правилно и изпраща непостоянен или липсващ сигнал за регенеративно спиране към инвертора. Аналоговият изходен сигнал на сензора е извън очаквания диапазон (например остава на 0.2V, когато трябва да варира между 0.5V и 4.5V).

### **5. Коригиращо действие**

Сервизният техник трябва да подмени дефектния компонент – сензора за позиция на спирачния педал. Първо, той безопасно изключва 12V и HV системите, след което демонтира и заменя сензора. След това проверява и почиства конектора и кабелния сноп на сензора, свързва го отново и извършва калибриране чрез диагностичния инструмент. Освен това трябва да изчисти кодовете за грешки, да тества активирането на регенеративното спиране и да провери комуникацията с други системи като ABS и ESC.

### **6. Следремонтно тестване**

След извършване на ремонта (подмяна на дефектния компонент), сервизният техник трябва да направи пътен тест, за да потвърди правилната декелерация при отпускане на педала на газта и активирането на индикатора за регенеративно спиране. Той използва диагностичния инструмент, за да наблюдава регенеративния въртящ момент и потока на енергия към батерията, както и да провери системата за повторна поява на грешки или предупреждения.

### **7. Предаване на автомобила и отчетност**

Накрая сервизният техник обяснява на клиента функцията на регенеративното спиране и естеството на повредата. Той предоставя препоръки след ремонта, като например избягване на пълно зареждане на батерията, за да се запази ефективността на регенеративното спиране. Също така актуализира сервизния дневник и нулира индикаторите за поддръжка, ако е необходимо.



## Обобщение – Описание на стъпките

**Повреда:** Регенеративното спиране не е активно, автомобилът се движи по инерция

**Начално:** Визуална проверка, сканиране за DTC, тест на сензора на педала

**Диагноза:** Сензорът на педала не изпраща заявка за регенеративно спиране

**Причина:** Дефектен сензор за позиция на спирачния педал

**Действие:** Подмяна на сензора, калибриране на системата

**Тест:** Наблюдение на регенеративния въртящ момент, пътен тест

**Завършек:** Обяснение на ремонта, актуализиране на записите

## ПРИМЕРИ ЗА РЕШАВАНЕ НА ПРОБЛЕМИ

Сценарии 1: Задача с предавателно число

Контекст:

При електрическо превозно средство (EV) моторът често се върти с много високи обороти, докато колелата се въртят значително по-бавно. За да работи EV ефективно и безопасно, скоростта на мотора трябва да бъде намалена чрез скоростна кутия. Това предизвикателство се фокусира върху изчисляването на правилното предавателно число за едностепенна редуccionна система и разбиране на неговото влияние.

**Дата:**

Параметър	Стойност
Максимална скорост	12,000 RPM
Желана максимална скорост на колелото	1,200 RPM
Момент на двигателя	250 Nm
Ефективност на скоростната кутия	95%
Диаметър на колелото	0.6 meters
Тегло на превозното средство	1,500 kg





## Задачи на студента:

### 1. Изчислете необходимото минимално предавателно число

Скорост на мотора: \_\_\_\_\_

Скорост на колелото: \_\_\_\_\_

Предавателно число = \_\_\_\_\_

### 2. Какъв е изходния момент върху колелото?

Момент на мотора: \_\_\_\_\_

Предавателно число (от Q1): \_\_\_\_\_

Ефективност на скоростната кутия: \_\_\_\_\_

Изходен момент на колелото = \_\_\_\_\_ Nm

### 3. Защо намаляването на скоростта е важно при задвижващите системи на електрически превозни средства (EV)?

Изберете два отговора и обяснете:

A. За да се увеличи въртящият момент върху колелата

B. Да подобри температурата на мотора

C. За да се съгласуват оборотите на мотора с изискванията на колелата

D. За да се намали напрежението на батерията

Отговори: \_\_\_\_\_ и \_\_\_\_\_

Обяснение: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## Сценарии 2: Шум от скоростната кутия

### Контекст:

Шумът от скоростната кутия е особено забележим при електрическите превозни средства (EV), поради липсата на шум от двигател с вътрешно горене, който обикновено го прикрива. След интегриране на едностепенна редукиционна скоростна кутия в прототип на EV, инженерният екип забелязва увеличен вой при висока скорост и пикови вибрации около 4000 об/мин.

Дата:

Параметър	Стойност
Тип на колелото	Зъбни колела с прави зъби
Максимални обороти RPM	12,000 RPM
Изискани обороти RPM	1,200 RPM
Измерена пикова вибрация (Hz)	67 Hz
Материал на скоростната кутия	Корпус от лят алуминий
Тип на монтажа на скоростната кутия	Завинтена към твърда рамка
Ниво на шум в купето при 60 км/ч	63 dB
Желано ниво на шум в купето (EVs)	≤ 58 dB





**Задача на студента:**

**4. Идентифицирайте две вероятни механични причини за наблюдаваното виене и вибрации. Използвайте данни от таблицата по-горе, за да обосновате отговора си.**

Отговор 1: \_\_\_\_\_

Отговор 2: \_\_\_\_\_

**5. Определете честотата на зацепване на зъбните колела.**

Приемете: едно зацепване на зъбно колело на всеки оборот на изходния вал. Използвайте оборотите на двигателя и предавателното число на редуктора, за да изчислите честотата на зацепване в херцове (Hz).

- Изходни обороти на вала RPM = \_\_\_\_\_

- Честота = \_\_\_\_\_ Hz

Изчисление:

\_\_\_\_\_

**6. Предложете една практическа промяна в дизайна или материала за намаляване на шум и вибрации.**

Отговор: \_\_\_\_\_

**7. Защо проблемите с шум и вибрации са по-забележими при електромобилите (EV), отколкото при превозните средства с двигатели с вътрешно горене (ICE)?**

Отговор: \_\_\_\_\_



### Сценарии 3: Внезапен спад в ефективността на регенерацията

#### Контекст:

Електромобилите използват регенеративно спиране, за да възстановят енергия по време на забавяне и да я върнат обратно в батерията. Въпреки това, понякога водачите съобщават за внезапен спад в количеството възстановена енергия. Това може да се дължи на температура, състояние на заряда на батерията (SOC) или ограничения в управлението на двигателя.

В това предизвикателство студентите ще изследват данни и ще анализират възможните причини за спад в ефективността на регенерацията.

#### Дата:

Параметър	Стойност
Първоначален заряд на батерията SOC	92%
Температура на батерията	44°C
Температура на околната среда	31°C
Ефективност на регенерацията – Вчера	72%
Ефективност на регенерацията - Днес	35%
Приложен натиск върху спирачния педал	Средно





### Въпроси за студента

#### 8. Каква е процентната промяна в ефективността на регенеративното спиране?

Стара ефективност на регенерация: \_\_\_\_\_

Нова ефективност на регенерацията: \_\_\_\_\_

Процентна промяна = \_\_\_\_\_ %

Използвайте формулата:

Процентна промяна = ((Стара- Нова) / Стара) × 100

#### 9. Коя от следните е най-вероятната причина за спада в ефективността?

- А. Студена батерия
- В. Пълен заряд на батерията (SOC)
- С. Малък приложен натиск върху спирачния педал
- D. Дефект в мотора

Отговор: \_\_\_\_\_

#### 10. Как може да се подобри ефективността на регенеративното спиране в този сценарий?

Напишете две технически решения.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_



## Отговори:

### 1. Изчисляване на скоростите:

използвайте формулата: Отношени на скоростите = Скорост на двигателя/ Скорост на колелата  
Отношение на скоростите =  $12,000 / 1,200 = 10:1$

### 2. Изходен момент върху колелата:

използвайте формулата:

Изходен момент = Момент на мотора × Отношението на скоростите × Ефективност на скоростната кутия

Изходен момент =  $250 \text{ Nm} \times 10 \times 0.95 = 2,375 \text{ Nm}$

### 3. Най-подходящи отговори:

- А. Да се увеличи момента на колелата
- С. Да съвпаден оборотите на мотора с изускуемото на колелото

### 4. Чести механични повереди:

- Лошо зацепване на зъбните колела (напр. правозъбите цилиндрични колела са по-шумни от косозъбите)
- Резонанс от твърдо монтирана скоростна кутия
- Липса на демпфиране на вибрациите в корпуса от лят алуминий

### 5. Оценка на честотата на зацепване на зъбни колела:

Дадено:

- Обороти на мотора RPM = 12,000
- Предавателно число = 10:1
- Изходен момент RPM =  $12,000 \div 10 = 1,200 \text{ RPM}$
- $1,200 \text{ RPM} \div 60 = 20 \text{ RPS} \rightarrow$  честота на зацепване  $\approx 20 \text{ Hz}$
- Хармониците могат да доведда до пик при 40 Hz, 60 Hz, и др..
- Вибрационния пик е при 67 Hz може да показва наличие на трети хармоника или резонанс на корпуса.

### 6. Промени в дизайна/материала:

- Преминаване към хеликоидални зъбни колела – за по-тихо зацепване.
- Използване на демпфирани или композитни корпуси на редуктора – за по-добро поглъщане на вибрации.
- Добавяне на еластомерни (меки) тампони за изолация – за намаляване на предаването на вибрации към конструкцията.

### 7. Сравнение на шума/вибрации при електрически и ДВГ превозни средства:

- Електрическите мотори са почти безшумни, затова механични шумове като виене на зъбни колела се открояват повече при електрически превозни средства, отколкото при автомобили с двигатели с вътрешно горене, където шумът от двигателя ги прикрива.

### 8. Процентна промяна:

$((72 - 35) / 72) \times 100 \approx 51.39\%$  спад

### 9. Отговори:

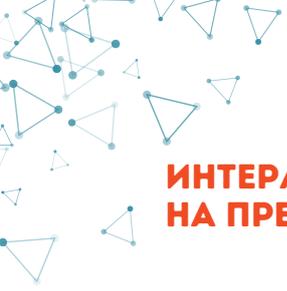
В. Пълнен заряд на батерията (висок SOC)

**Обяснение:** Когато батерията почти заредена (над 90%), регенериращите спирачки за ограничени за не презаредят батерията.

### 10. Предложенията може да включват:

- Предварително кондициониране на батерията до оптимална температура;
- Избягване на започване на дълги спускания с високо ниво на заряд (SOC);
- Използване на комбинирани спирачни техники с приоритет на регенеративното спиране.





## **ИНТЕРАКТИВНИ МОДУЛИ ЗА ПРЕДАВАНЕ НА ДВИЖЕНИЕ И ДИНАМИКА НА ПРЕВОЗНОТО СРЕДСТВО**

EV задвижваща система: архитектура и обучение чрез симулация

Електрическите превозни средства (EV) използват фундаментално различна архитектура на задвижване в сравнение с превозните средства с двигатели с вътрешно горене (ICE). С по-малко механични части, но с по-голяма интеграция между хардуер и софтуер, разбирането на това как се генерира, контролира и предава въртящият момент към пътя става технически предизвикателно и образователно ценно.

Процесът на предаване на движение силно влияе върху динамиката на превозното средство – например как автомобилът се държи при ускорение, спиране и завиване.

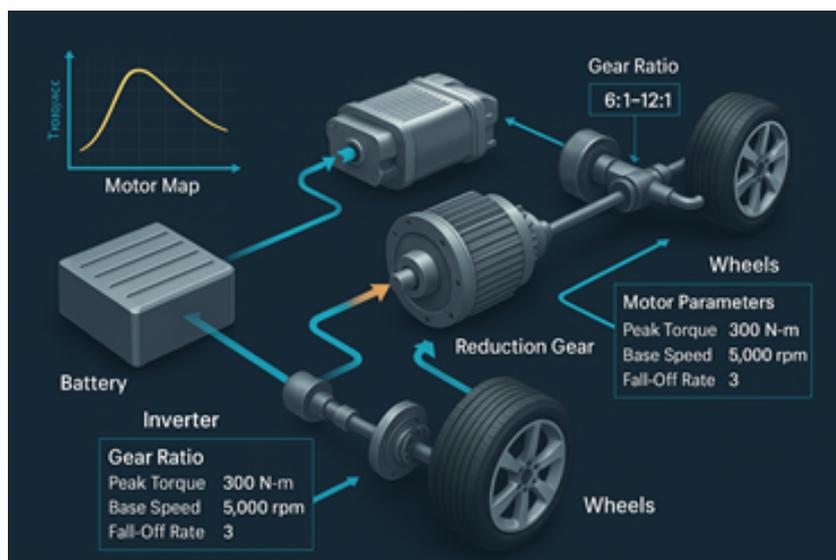
### **МОДУЛ 1 - ИЗСЛЕДВАНЕ НА ЗАДВИЖВАЩАТА СИСТЕМА**

Този модул запознава студентите с основната концепция за това как се предава енергията от батерията на електрическо превозно средство (EV) към колелата. Докато електромобилите обикновено нямат сложни многоскоростни трансмисии, каквито се срещат при превозни средства с вътрешно горене (ICE), те изискват прецизно настройване на характеристиките на електродвигателя и предавателните съотношения на редукторите, за да се постигне желаната производителност и ефективност. Модулът позволява на обучаемите да визуализират и манипулират всеки етап от този процес и да оценят въздействието върху поведението на превозното средство при различни условия на шофиране.

#### **Интерактивна диаграма на енергийния поток**

Динамична, цветно кодирана системна диаграма по-долу представя пълния енергиен път: от разреждането на батерията, през инвертора и електродвигателя, преминавайки през редуктора и диференциала, и накрая достигайки до задвижващите колела. Визуалният поток може допълнително да бъде анимиран с пулсиращи стрелки, които отразяват променливи в реално време като напрежение, въртящ момент и енергийни загуби на всеки етап.





Фигура 20. Интерактивна диаграма на енергийния поток

### Регулируеми параметри на електродвигателя

Студентите могат концептуално да променят характеристиките на електродвигателя, за да наблюдават как се променя неговата производителност. Регулируемите полета включват:

- **Максимален въртящ момент** (напр. от 250 Nm до 500 Nm)
- **Базова скорост** (напр. от 4 000 до 7 000 об./мин)
- **Скорост на спад на въртящия момент след базовата скорост**

Тези настройки оформят кривата на въртящия момент и илюстрират компромисите между мощност и стратегия за управление на двигателя.

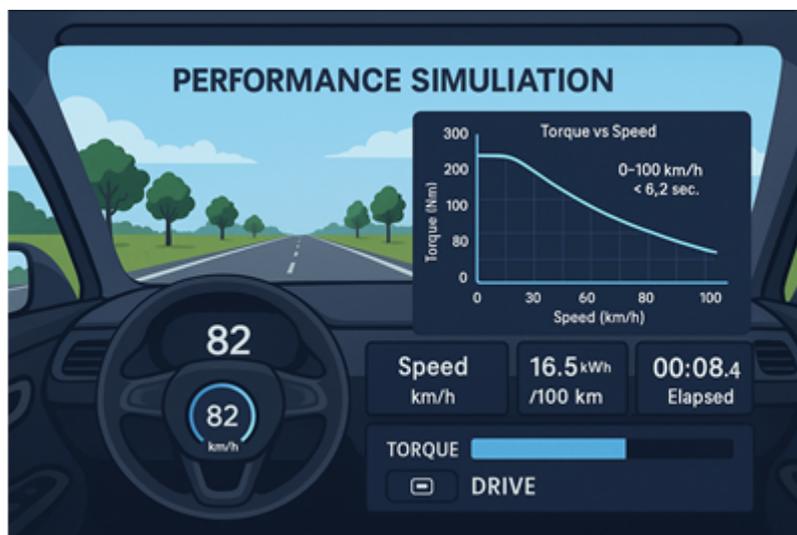
### Карти на ефективността на двигателя.

Концептуална 3D графика на ефективността показва как се променя производителността на двигателя в зависимост от скоростта и въртящия момент. Потребителите могат да изследват работни зони и да идентифицират области с максимална ефективност. При промяна на натоварването или скоростта на превозното средство, симулацията променя зоната на ефективност, като помага на студентите да разберат как навиците на шофиране влияят върху енергийната консумация.

**Фигура 21** представя симулирано табло на електромобил, показващо данни в реално време за:

- Предаване на въртящ момент
- Избор на предавателно число
- Време за ускорение
- Консумация на енергия

То визуално представя как различните настройки на задвижващата система влияят върху производителността на превозното средство, като подсилва интерактивните задачи чрез свързване на конфигурационните избори с измерими резултати при шофиране.



Фигура 21. Симулационни характеристики на EV

## Задачи и дейности

Като част от интерактивния модул, студентите участват в различни симулационни задачи, предназначени да задълбочат разбирането им за поведението на задвижващата система на електромобилите и компромисите в производителността.

**Първата дейност** включва симулации на ускорение от 0 до 100 км/ч. Обучаемите конфигурират различни предавателни съотношения и настройки на въртящия момент на двигателя, след което анализират резултати като време за ускорение, приплъзване на колелата и консумация на енергия от батерията. Те са предизвикани да намерят оптимална конфигурация, която осигурява бързо ускорение без превишаване на термичните граници или загуба на сцепление.

**Друга основна дейност** включва оценка на ефективността при движение по магистрала в рамките на симулирано 10-километрово пътуване с постоянна скорост, например 90 км/ч. Студентите изследват различни карти на ефективността на двигателя, като избират работни зони, оптимизирани за ниска консумация на енергия. Те сравняват общата консумация на енергия при различни конфигурации, за да оценят влиянието на настройките на задвижването върху ефективността при дълги пътувания.

**Обучаемите също така извършват сравнения на предаване на въртящ момент**, за да затвърдят връзката между настройките и реалното поведение на превозното средство. С активирани наслагвания на данни в реално време, те изследват криви на въртящия момент при различни условия, като градски трафик с често спиране и потегляне или изкачване на наклон. Това упражнение подчертава как поведението на задвижващата система влияе върху реакцията на педала на газта и управлението на автомобила.

**За напреднали обучаеми** е предвидена допълнителна задача, която включва наблюдение на термичното натоварване в двигателя и инвертора. Тази дейност позволява на студентите да визуализират как агресивните профили на въртящия момент водят до нагряване на компонентите, като затвърждава концепции като термично ограничаване и значението на управлението на температурата за дългосрочната надеждност на системата.

## МОДУЛ 2 - СИМУЛАТОР НА РЕГЕНЕРАТИВНО СПИРАНЕ

Регенеративното спиране играе ключова роля за енергийната ефективност на електромобилите, като преобразува част от кинетичната енергия на превозното средство обратно в електрическа енергия по време на забавяне. Въпреки това, постигането на оптимален баланс между регенерация и конвенционално триене при спиране е от съществено значение за запазване на енергийната възвръщаемост и безопасността на превозното средство. Този модул позволява на студентите интерактивно да настройват параметрите на регенеративното спиране при различни условия на шофиране и да наблюдават как тези промени влияят върху ефективността на спиране, стабилността на автомобила и енергийната ефективност.

### Инструменти за симулация

Симулационният модул за регенеративно спиране трябва да има удобен за потребителя интерфейс, който позволява на обучаемите да изследват и манипулират ключови параметри, влияещи върху ефективността на спиране и възстановяване на енергия. Една от основните функции е възможността за настройка на силата и съотношението на смесване между регенеративното и конвенционалното спиране, което позволява на студентите да контролират каква част от забавянето се поема от електродвигателя спрямо хидравличната спирачна система. Това предоставя възможност за изследване на разпределението на спирачното усилие при различни условия.

Обучаемите могат също така да конфигурират прагови стойности за активиране, определящи позицията на педала или скоростта на забавяне, при която регенеративното спиране се активира или деактивира. Това помага на студентите да разберат как настройките на системата влияят върху плавността и реакцията при реални сценарии на шофиране. Паралелно с това, телеметрични дисплеи в реално време показват моментни данни за спирачно усилие, входящ заряд към батерията и скорост на забавяне, което позволява на потребителите да оценят поведението на системата в реално време.

Фигура 22 Показва симулиран интерфейс на модул за настройка на регенеративно спиране, включващ графики с телеметрични данни в реално време за: налягане в спирачките, възстановена енергия чрез регенерация, активиране на ABS системата Визуално се представя как настройката на кривите на смесване влияе върху възстановяването на енергия и стабилността на превозното средство по време на спиране.



Фигура 22. Симулиран интерфейс на модул за настройка на регенеративно спиране

## Сценарии

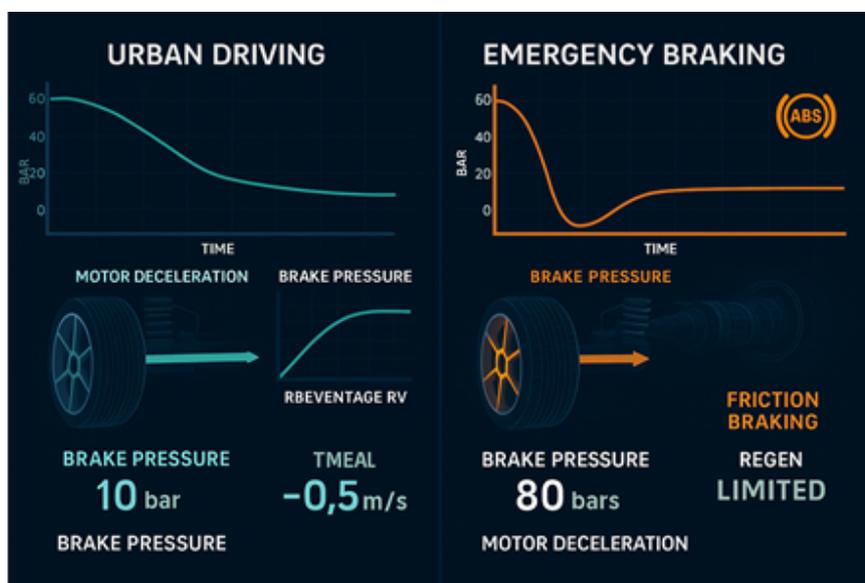
### 1. Симулация на градско шофиране

Обучаемият симулира 10-минутен градски цикъл на шофиране с чести спирания, умерени скорости и променлив трафик. Целта е да се максимизира възстановяването на енергия, като същевременно се запази плавно и предвидимо усещане при спиране. Студентите настройват параметрите на смесване и наблюдават влиянието върху усещането при шофиране, възстановената енергия (в kWh) и спирачния път. Те трябва да идентифицират настройки, които осигуряват висока енергийна възвръщаемост без да предизвикват грубост или нестабилност при ниски скорости.

### 2. Сценарий за аварийно спиране

Симулира се аварийно спиране при висока скорост – например при пресичащ пешеходец или внезапно спиране на трафика. Обучаемите трябва да настроят прага за изключване на регенеративното спиране, така че триенето от конвенционалните спирачки да се активира достатъчно бързо, когато регенеративното забавяне достигне физическите си граници. Те трябва да избегнат блокиране на колелата и да запазят стабилността на посоката, използвайки графики за съотношението на приплъзване и обратна връзка от ABS системата. Успехът се измерва чрез спирачния път и това дали регенеративната и конвенционалната спирачна система се активират плавно и предвидимо.

Фигура 23 сравнява два сценария на спиране (градско и аварийно), показвайки разлики в поведението при забавяне, нивата на възстановена енергия и реакцията на спирачната система. Визуално се подчертава как регенеративното спиране трябва да бъде настроено по различен начин в зависимост от целта – ефективност срещу бързо спиране.



Фигура 23. Сравнение между градски и аварийни сценарии на спиране

## МОДУЛ 3 – РАЗЛИЧНИ AR/VR СЦЕНАРИИ

### AR и VR технологии в обучението по динамика на електрически превозни средства

AR и VR предлагат мощни инструменти за обучение, като потапят студентите в реалистични среди за шофиране. За разлика от конвенционалните симулации на екран, AR/VR позволява на обучаемите да изпитат реакцията на превозното средство от гледната точка на водача – усещайки всяко завиване, спиране и промяна на настилка, докато наблюдават телеметрия в реално време и получават обратна връзка от системата. Този модул превръща абстрактни инженерни принципи в практическо преживяване, като поставя студентите в реалистични EV сценарии, които динамично реагират на техните настройки.

#### Акценти от средата

Реалистични среди за шофиране

Студентите могат да изследват различни симулирани условия, включително градски улици, високоскоростни магистрали, планински пътища и неравни офроуд терени. Времето и характеристиките на настилка могат да се променят в реално време, за да се симулират дъжд, лед, чакъл или нагрят асфалт. Тези среди позволяват тестване на настройки, които биха били скъпи или опасни в реални условия.

Телеметрични наслагвания в реално време

Данните се проектират в зрителното поле на потребителя или се наслагват върху физически модели на превозни средства (в AR). Това включва:

- скорост на въртене около вертикалната ос (yaw rate)
- странично ускорение
- разпределение на въртящия момент
- налягане в спирачките
- поток на регенеративна енергия
- ъгли на приплъзване на гумите
- разлики в скоростта на колелата

Наслагванията могат да се включват/изключват или да се фокусират върху конкретни подсистеми за детайлен анализ.

Мултисензорно интегриране

Преживяването се допълва с хаптични волани, спирачни педали и платформи за движение, които симулират обратна връзка от окачването, вибрации и G-сили. Звукови сигнали като активиране на ABS или промяна в звука на двигателя допринасят за реализъм. Тези сигнали засилват обучението, като свързват физическото усещане с поведението на системата.

#### Примерен сценарий

1. Тест за завиване на мокра настилка

Студентите преминават през симулиран мокър завой с различни скорости, сравнявайки стабилността на превозното средство с и без активна система за векторно разпределение на въртящия момент. Системата им позволява да настройват разпределението на въртящия момент между предната и задната ос и да наблюдават промените в поведението при недозавиване/презавиване, ъгли на приплъзване и стабилност на въртене. Този сценарий учи на важността от динамично управление на въртящия момент в среди с ниско сцепление.

Изображение 24 показва VR симулация на шофиране с мокър завой. То подчертава наслагвания на телеметрични данни в реално време, като ъгъл на приплъзване на гумите, разпределение на въртящия момент и скорост на отклонение. То визуално демонстрира как решенията за настройка влияят върху поведението на автомобила при условия на ниско сцепление.



Фигура 24. VR симулация на шофиране с мокри завои



Фигура 25. VR симулация на шофиране при спешна смяна на лентата при висока скорост

## 2.Смяна на лентата при висока скорост

В това упражнение учениците извършват внезапна двойна смяна на лентата при 100 км/ч. Чрез предварителна промяна на настройките за твърдост на окачването и амортизация, те оценяват как различните настройки влияят върху времето за реакция на автомобила, накланянето на каросерията и контрола на посоката. Неправилните настройки (например прекалено мека амортизация) водят до забавена реакция на кормилното управление или нестабилност, което помага на учениците да се учат от последствията.

## 3.Избягване на препятствие в спешна ситуация

Учениците се приближават към неочаквано препятствие при 90 км/ч и трябва да натиснат спирачките и да завият, за да го избегнат. Сценарият тества настройките на системата (реакция на спирачките, твърдост на окачването, векторно разпределение на въртящия момент) и личните рефлексии. Успехът зависи от инженерните настройки и техниката на шофиране, като отразява реалните условия.

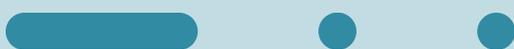
Изображението по-долу показва VR симулация на шофиране при спешна смяна на лентата при висока скорост. То показва бързо управление, накланяне на каросерията и обратна връзка в реално време за поведението на окачването и страничното ускорение, като илюстрира как динамичните настройки влияят върху контрола и стабилността при внезапни маневри.

- 
- 
- 
- 
- 
- 
-



# Глава-4

# ЗДРАВЕ И БЕЗОПАСНОСТ НА РАБОТНОТО МЯСТО



# **Здраве и безопасност на работното място**

## **в Обслужване на електрически превозни средства:**

### **Цялостен анализ и ръководство за внедряване**

#### **Въведение**

Електрическите превозни средства (EV) предизвикаха революционна трансформация в автомобилния сектор, движена от целите за екологична устойчивост. С потенциала си да намалят зависимостта от изкопаемите горива и да изградят по-чисто бъдеще, EV се превръщат в незаменима част от ежедневието. Този бърз растеж увеличава значението на сервизните операции на EV, като същевременно създава нови рискове за здравето и безопасността на работното място (OHS), които се различават от и са по-сложни от тези при традиционните сервизни услуги за превозни средства. По-специално, високоволтовите електрически системи, уникалните опасности на литиево-йонните батерии и специализираните процедури за поддръжка, изисквани от тези технологии, създават сериозни предизвикателства за безопасността на сервизните техници.

Настоящият глава има за цел да разгледа в дълбочина основните рискове за OHS, срещани при обслужването на електрически автомобили, да опише подробно личните предпазни средства (PPE) и работните процедури, необходими за намаляване на тези рискове, и да обясни методологиите за анализ на риска в областите на обслужването, заедно с етапите на интеграция на приложения за симулация, поддържани от добавена реалност (AR) и виртуална реалност (VR). Освен това ще бъдат разгледани стъпките за реагиране при извънредни ситуации като пожар, токов удар и изтичане на газ, както и процесите на разработване на модули за обучение за разпознаване на опасности, базирани на AR/VR.

Накрая ще бъде представено предложение за дизайн на плакат, озаглавено „Ръководство за безопасна работа при обслужване на електрически превозни средства“, с цел повишаване на осведомеността в тази област. Този изчерпателен анализ има за цел да предостави необходимите знания и стратегии за осигуряване на безопасността на персонала, работещ в областта на обслужването на електрически превозни средства, и да насърчи проактивна култура на безопасност в отрасъла.



## 1. РИСКОВЕ, СВЪРЗАНИ С БЕЗОПАСНОСТТА ПРИ РАБОТА С ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ И ЛИЧНИ ПРЕДПАЗНИ СРЕДСТВА

При обслужването на електрически превозни средства високото напрежение представлява един от най-критичните рискове за безопасността на техниците. В този раздел ще разгледаме подробно определението за високо напрежение, нивата на напрежение в електрическите превозни средства, потенциалните опасности, свързани с високото напрежение, както и личните предпазни средства и работните процедури, които трябва да се използват за противодействие на тези опасности.

### 1.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗА ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ И НЕГОВИТЕ ПРИЛОЖЕНИЯ В ЕЛЕКТРИЧЕСКИТЕ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА

Високото напрежение е дефинирано в правилата за електрическа безопасност на работното място като напрежение над 1000 волта. За целите на безопасността, всички напрежения над 1000 волта се считат за високо напрежение, докато всяко напрежение с ефективна стойност над 50 волта се класифицира като „опасно напрежение“. Това разграничение е основна отправна точка за разбиране на сериозността на рисковете, които възникват при работа с електрически превозни средства.

Електрическите превозни средства обикновено имат две основни системи за напрежение:

**Системи с ниско напрежение:** Подобно на традиционните превозни средства с двигатели с вътрешно горене, електромобилите също съдържат 12-волтови оловно-киселинни батерии. Тези батерии поддържат стандартните функции на превозното средство, като осветление, инфоразвлекателни системи и други спомагателни електрически аксесоари.

**Системи с високо напрежение (тракционни батерии):** Литиево-йонните батерии, които формират задвижващата система на електрическите превозни средства, обикновено работят при нива на напрежение от 400 V до 800 V, а при някои модели могат да достигнат дори до 1200 V.(2) Това високо напрежение е необходимо, за да се осигури производителността на превозното средство и възможността за бързо зареждане. По-конкретно, станциите за бързо зареждане с постоянен ток работят в диапазон на напрежение от 400 V до 900 V.

Този широк диапазон на напрежение в електрическите превозни средства показва, че един единствен тип обучение по електрическа безопасност няма да бъде достатъчен за сервизните техници. Всяко ниво на напрежение има различни рискови профили и изисквания за интервенция. Например, се препоръчва да се изчака до 3 минути след изключване на 12V акумулатора поради възможността въздушните възглавници да се задействат, и до 5 минути след изключване на високоволтовия акумулатор, за да се позволи на кондензаторите да се разредят. Тази ситуация подчертава необходимостта от разработване на подробни и практични модули за конкретни нива на напрежение в обучението на техниците, а не за обща електрическа безопасност. Тези модули трябва да обхващат конкретни процедури и рискове за всяко ниво на напрежение под отделни заглавия, като „Безопасност на нисковолтовите системи“ и „Безопасност на високоволтовите системи“.



## 1.2. РИСКОВЕ, СВЪРЗАНИ С ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ

Високоволтовите системи на електрическите превозни средства представляват различни сериозни опасности:

**Електрически удар:** Електрическият удар е физиологично увреждане, причинено от електрически ток, преминаващ през човешкото тяло. Степента на това увреждане зависи от много фактори, включително интензитет на тока, напрежение, тип ток (променлив/постоянен), продължителност на излагането, площ на контактната повърхност, фактори, увеличаващи проводимостта (като контакт с вода) и пътя, по който токът преминава през тялото.(6) Сърцето и нервната система са най-засегнати от електрически удар; могат да възникнат животозастрашаващи състояния като сърдечен арест (асистолия) или нередовни ритми (вентрикуларна фибрилация) и спиране на дишането.(6) Докато при ниски токове се усеща изтръпване, токове от 50-100 mA могат да доведат до вентрикуларна фибрилация, а 5-10 A могат да причинят асистолия.(7) Случайно изключване на високоволтова батерия или допир до повредени компоненти може да доведе до електрически разряд и тежък електрически удар.(8)

**Електрическа дъга и взрив:** Електрическата дъга е внезапно и силно освобождаване на енергия, което се случва във високоволтови електрически вериги. Това събитие може да доведе до изключително високи температури (хиляди градуси по Целзий), ярка светлина, налягателна вълна и разпръскване на разтопен метал, което води до тежки изгаряния, слепота и травматични наранявания.(10) Съществува риск от скок на тока или искри, особено при намеса в критични високоволтови вериги като сервизния щепсел.(9) Ефективността на защитното облекло срещу дъга се определя от неговата „дъгова оценка“, измервана в калории.(10)

**Термично прегряване и риск от пожар:** Термичното прегряване на литиево-йонните батерии е един от най-сериозните рискове от пожар при обслужването на електрически превозни средства. Това състояние започва с неконтролирано прегряване на батерийните клетки, което води до опасности като пожар, експлозия и изпускане на токсични газове.(12) Температурите по време на пожар на батерията могат да достигнат до 1000 °C.(12) Горящите батерии изпускат токсични газове (като флуороводород, фосфороксифлуорид, въглероден оксид), а вдишването на тези газове може да доведе до отравяне.(5) Инциденти, презареждане, механични повреди и екстремни температури (особено зареждане извън диапазона 15%-85% или излагане на батерията на прекалено горещи/студени условия) могат да предизвикат термично изтичане.(9) Повредените високоволтови батерии могат да представляват риск от пожар дори след инцидент.(9)

Рисковете, свързани с високо напрежение, обикновено не са изолирани инциденти; по-скоро предизвикването на един риск може да предизвика друг, създавайки „каскаден ефект“. Например, електрическа дъга, възникнала по време на токов удар, може да причини механични повреди на батерията, предизвиквайки термично изтичане. Това може да предизвика верижна реакция, водеща до пожар, изпускане на токсични газове и дори експлозия.(13) Следователно управлението на риска изисква динамично моделиране, което отчита не само индивидуалните опасности, но и потенциалните верижни реакции и техните комбинирани ефекти. Превантивните мерки и планове за действие при извънредни ситуации трябва да имат за цел да прекъснат този каскаден ефект.

### 1.3. ЛИЧНИ ПРЕДПАЗНИ СРЕДСТВА (ЛПС) ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА С ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ

Когато опасностите не могат да бъдат напълно елиминирани, личните предпазни средства са от жизненоважно значение за защитата на работниците. Работодателите са законово задължени да предоставят подходящи, отговарящи на стандартите и поддържани ЛПС.(16) Техниците, работещи в среда с високо напрежение, са длъжни да използват специално проектирани и сертифицирани ЛПС за защита от токов удар, електрическа дъга и термични изгаряния.

**Изолиращи ръкавици:** Трябва да отговарят на стандарта EN 60903, да са сертифицирани по CE и да са изолирани според нивото на напрежение, с което се работи (например клас 00 за нисковолтови системи).(18) Ръкавиците трябва да са без дефекти като шевове, пукнатини, разкъсвания, мехури.18 Използването на изолирани гумени ръкавици е задължително при работа с високоволтови вериги.(9)

**Защитни маски / каски с визьори:** Използването на защитни маски е задължително срещу риска от електрическа дъга и искри.(9) Каските предпазват главата от падащи предмети, удари и проводници под напрежение (19) и трябва да имат вграден, регулируем апарат за защита на очите (съответстващ на EN 166).(18)

Облекла, устойчиви на електрическа дъга (костюми за защита от електрическа дъга): Защитните облекла срещу термичните опасности на електрическата дъга трябва да отговарят на стандарти като ASTM F1959 и IEC 61482. (10) Тези облекла трябва да имат специфична енергийна устойчивост (ATPV или EBT) в калории/см<sup>2</sup> (cal/cm<sup>2</sup>) и не трябва да се топят или капят.(10) Различните степени на устойчивост на електрическа дъга се определят въз основа на категории риск (например 4 cal/cm<sup>2</sup> за категория 1, 40 cal/cm<sup>2</sup> за категория 4). (11)

**Изолиращи обувки:** При работа с електричество трябва да се използват изолирани обувки.(20) Въпреки че отговарят на стандарта EN ISO 20345, обувките за безопасност с класификация S3 – CI – SRC осигуряват обща защита 18, за работа с електричество трябва да се предпочитат специални обувки с изолирана подметка.

**Изолиращи постелки:** В работната зона трябва да се използват изолиращи постелки, поставени на земята, които да служат като защитна бариера между техника и електропроводимите повърхности.(20)

**Дихателни предпазни средства:** При емисии на токсични газове по време на пожар или термично изтичане трябва да се носят маски за цялото лице и дихателни апарати с филтри.(21) Трябва да се използват дихателни предпазни средства, отговарящи на стандарти като EN 136 (маска за цялото лице), EN 140 (маска за половината лице) и EN 141/EN 143 (филтри за газ и прах).(19)





ЛПС не трябва да се разглеждат като отделни елементи, а като „система“. Различните елементи на ЛПС, като изолирани ръкавици, облекло с защита от електрическа дъга и предпазни щитове за лицето, образуват цялостен защитен слой, когато се комбинират. Това изисква всеки елемент на ЛПС да бъде съвместим с останалите и да осигурява максимална защита срещу опасността като цяло. Освен това, правилното използване и редовната поддръжка на ЛПС са също толкова важни за тяхната ефективност, колкото и тяхното закупуване.

#### **1.4. РАБОТНИ ПРОЦЕДУРИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ ПРИ РАБОТА С ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ**

В допълнение към използването на ЛПС, за управление на рисковете, свързани с високо напрежение, е необходимо стриктното спазване на специфични работни процедури:

**Изолиране на енергията и блокиране/маркиране (LOTO):** LOTO е метод за заключване и маркиране, прилаган за предотвратяване на неочаквано стартиране на машина или устройство или изпускане на опасни вещества от линия.(16) Това е основният и предпочитан метод за контролиране на опасна енергия и превеждане на оборудването в „състояние на нулева енергия“.(16) LOTO заключванията трябва да се различават от другите заключвания в съоръжението, а маркировките трябва да са еднообразни, издръжливи и да носят ясни предупреждения като „НЕ РАБОТЕТЕ“, „НЕ ОТВАРЯЙТЕ“, „НЕ ЗАХРАНВАЙТЕ“.(22) Дори по време на смяна на работната смяна, процедурите LOTO трябва да се прилагат изцяло, като новодошлият работник проверява дали блокирането е извършено правилно и поставя своя личен катинар.(22)

**Правило за една ръка и забрана за самостоятелна работа:** При работа с електрическо оборудване трябва да се прилагат правилото за „една ръка“ и правилото „никога не работете самостоятелно“.(17) Правилото за една ръка има за цел да предотврати преминаването на ток през сърцето в случай на токов удар, като се използва само една ръка по време на измерванията, ако е възможно. (23) Забраната за работа насаме гарантира незабавна помощ в случай на инцидент и предотвратява грешни операции при опасни работи, като например електрически задачи.(24) Въпреки че в законодателството няма конкретна забрана за работа насаме, прилагането на това правило въз основа на оценка на риска е от жизненоважно значение.(24) Ситуации като токов удар или дефектно окабеляване могат да доведат до много по-сериозни последствия при работа в екип.(26)

**Спазване на инструкциите на производителя:** Зарядните устройства за електрически превозни средства и цялото свързано с тях оборудване трябва да се инсталират, използват и поддържат в съответствие с инструкциите на производителя.(28) Операциите по поддръжка и ремонт трябва да се извършват съгласно каталозите на превозните средства, а при използването на ръчни инструменти трябва да се спазват инструкциите и правилата на производителя.(29) Тъй като технологиите за електрически превозни средства се развиват бързо, всеки модел и компонент може да има уникални изисквания за безопасност. Строгото спазване на инструкциите на производителя е основен принцип за осигуряване както на безопасността на оборудването, така и на здравето на работниците.





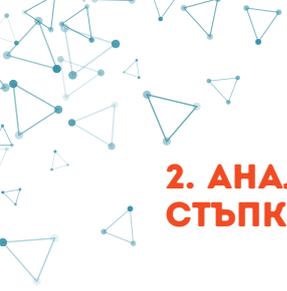
Процедурните мерки за безопасност, като LOTO, правилото за работа с една ръка и забраната за самостоятелна работа, не само намаляват техническите рискове, но и засягат правната отговорност. Нарушаването на тези процедури може да увеличи правната отговорност на работодателя и служителя при трудови злополуки.(27) От оперативна гледна точка тези правила създават „култура на дисциплина“ в работните процеси, намаляват процента на грешките и повишават ефективността. Предвид високия риск, присъщ на работата с високо напрежение, критичната роля на тези процедурни контроли за предотвратяване на трудови злополуки, освен че е законово изискване, показва, че неспазването на тези правила не само увеличава техническите рискове, но и води до правни отговорности за работодателите и служителите. Това подчертава, че процедурната безопасност не е просто „задължение“, а „правна и оперативна необходимост“.



В таблицата по-долу са обобщени рисковете, свързани с високо напрежение, съответното лично предпазно оборудване и допълнителните мерки за безопасност при обслужването на електрически превозни средства:

**Таблица 1: Рискове, свързани с високо напрежение, и съответното лично предпазно оборудване при обслужването на електрически превозни средства**

ВИДОВЕ РИСК	ОПИСАНИЕ НА РИСКА	ПОДХОДЯЩИ ЛИЧНИ ПРЕДПАЗНИ СРЕДСТВА	СТАНДАРТИ ЗА ЛИЧНИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА	ДОПЪЛНИТЕЛНИ МЕРКИ ЗА БЕЗОПАСНОСТ
Електрически удар	Физиологични увреждания, причинени от преминаване на електрически ток през тялото; сърдечен арест, спиране на дишането, увреждане на нервите.6	Изолирани ръкавици, изолирани обувки, изолиращи подложки	EN 60903 (Class 00, etc.), EN ISO 20345 (S3, CI, SRC) <sup>18</sup>	LOTO (блокиране/ маркиране), правило за работа с една ръка, забрана за работа сам, спазване на инструкциите на производителя 16
Електрическа дъга	Внезапен разряд на енергия във високоволтови вериги; висока температура, ярка светлина, налягателна вълна, пръски разтопен метал.10	Защитна маска/каска с визьор, защитно облекло, изолирани ръкавици	EN 166, ASTM F1959 (ATPV/EVT), IEC 61482 9	LOTO, безопасно работно разстояние, проверка на напрежението 16
Термично изтичане и пожар	Неконтролирано прегряване на литиево-йонни батерии, което води до пожар, експлозия, изпускане на токсични газове.12	Дихателни предпазни средства (маска за цялото лице, апарат за дишане с филтър), облекло с защита от електрическа дъга, изолирани ръкавици	EN 136, EN 140, EN 141, EN 143, EN 403, ASTM F1959, IEC 61482 10	Системи за охлаждане на батерии, управление на нивото на заряд, механична предотвратяване на повреди, план за действие при извънредни ситуации 12



## **2. АНАЛИЗ НА РИСКА В ОБЛАСТИТЕ НА ОБСЛУЖВАНЕ И ОПЕРАТИВНИ СЪПКИ ЗА AR/VR ПОДДЪРЖАНИ СИМУЛАЦИОННИ ПРИЛОЖЕНИЯ**

Зоните за обслужване на електрически превозни средства са сложни среди, които освен високо напрежение съдържат и различни химически, ергономични и механични рискове. Ефективното управление на тези рискове изисква цялостна методология за анализ на риска и иновативни подходи за обучение. Симулационните приложения, поддържани от добавена реалност (AR) и виртуална реалност (VR), предлагат значителен потенциал в тази област.

### **2.1. МЕТОДОЛОГИЯ ЗА АНАЛИЗ НА РИСКА В СФЕРАТА НА УСЛУГИТЕ**

Оценката на риска е основна стъпка за систематичното идентифициране, анализиране и контролиране на потенциалните опасности и рискове при обслужването на електрически превозни средства. Този процес не само е законово изискване (31), но и представлява основа за проактивно управление на безопасността и осигурява рамка, съответстваща на международни стандарти като ISO 45001.32

**Значение на оценката на риска:** Рисковете от пожар, възникващи при зареждането на електрически превозни средства в търговски и промишлени съоръжения, трябва да бъдат внимателно оценени.(28) От съществено значение е да се идентифицират елементите, които застрашават здравето и безопасността на работното място, и да се вземат необходимите предпазни мерки.(29) Няма да се започва работа в опасни или много опасни категории без оценка на риска и план за действие при извънредни ситуации.(31)

**Подходи за анализ на риска:** Структурираните методологии, като например анализ на дървото на грешките (FTA), са мощни инструменти за дълбоко разбиране на основните причини и възможните сценарии на сложни събития, като пожари на електрически превозни средства.(33) Този подход предоставя цялостна перспектива, като идентифицира пет основни причини: човешки фактори, фактори, свързани с превозното средство, фактори, свързани с управлението, външни фактори и неизвестни фактори.(33) Това позволява разработването на контролни мерки, насочени към основните причини, а не само към симптомите.

#### **Рискове и предпазни мерки, специфични за зоната на обслужване:**

**Зони за зареждане:** Трябва да се осигури достатъчно и безопасно място за паркиране за точките за зареждане, а оборудването и кабелите за зареждане не трябва да пречат на аварийните изходи. Точките за зареждане трябва да бъдат защитени от механични повреди от превозни средства (например чрез бордюри, стълбове, бариери). Зони за зареждане трябва да бъдат физически отделени от зони за обработка и съхранение, а контролът на риска трябва да бъде осигурен за периодите, когато сградите са незаети. Закритите паркинги се препоръчва да бъдат оборудвани със спринклерни системи. Излезлите от употреба литиево-йонни батерии трябва да бъдат изхвърляни по подходящ начин.(28)





Общо разположение на сервизната зона: Работната зона трябва да се поддържа чиста и безопасна чрез вземане на мерки за здравословни и безопасни условия на труд. При работа с запалими, горими и взривоопасни материали трябва да се вземат специални мерки за безопасност. При повдигане и спускане на превозни средства трябва да се прилагат необходимите предпазни мерки за безопасност.(29)

**Химически рискове:** Литиево-йонните батерии, използвани в електрическите превозни средства, могат да причинят изтичане на газ или течност поради производствени дефекти, неправилна употреба, прегряване или сблъсъци. Тези изтичания могат да съдържат електролити, които могат да произведат токсична и корозивна флуороводородна киселина (HF).(35) Освен това, хладилните агенти, използвани в климатиците на електрическите превозни средства (например R-134a, R-1234yf), могат да представляват опасност в случай на изтичане. (36) Някои хладилни агенти (R32, R600A) могат да бъдат запалими и да образуват експлозивни смеси, когато са изложени на искри.(38) Излагането на тези газове може да доведе до здравословни проблеми като дразнене на белите дробове, белодробен оток, главоболие, замаяване и сърдечни аритмии.(40) Водороден газ, използван в превозни средства с горивни клетки, също е силно запалим и експлозивен, а безмирисната му и бледа пламък го правят труден за откриване.(41)

**Ергономични рискове:** Компонентите на електрическите превозни средства, особено високоволтовите батерии, могат да бъдат тежки и обемисти, което затруднява ръчното им боравене и причинява физическо напрежение, което може да доведе до мускулно-скелетни разстройства (MSD). По време на монтажа, демонтажа, съхранението и транспортирането на батерии и други тежки компоненти трябва да се използват помощни средства и устройства за повдигане.(35)

**Механични рискове:** В сервизните зони безопасното използване на ръчни инструменти, повдигащи и поддържащи превозни средства и основни механични операции като рязане, пилене, шлифоване и пробиване изисква използването на подходящи ЛПС и наличието на предпазни устройства за машините.(29)

**Рискове, свързани с електромагнитното поле (ЕМП):** Високите токове в електрическите превозни средства могат да предизвикат магнитни полета, които да причинят вихрови токове в човешкото тяло. Излагането на ЕМП е потенциално опасно, особено за лица с пейсмейкъри. (35)

## 2.2. ОПЕРАТИВНИ СЪПКИ ЗА AR/VR ПОДДЪРЖАНИ СИМУЛАЦИОННИ ПРИЛОЖЕНИЯ

AR/VR технологиите имат потенциал да трансформират анализа на риска и обучението по безопасност в услугите, свързани с електрическите превозни средства. Тези технологии могат да визуализират „невидими опасности“ (например изтичане на газ или прегряване на батерията) в реално време, като по този начин повишават осведомеността за ситуацията.(43) Това позволява анализа на риска да се превърне от статичен и периодичен процес в непрекъснат и динамичен.



Разработването и интегрирането на симулационни приложения, поддържани от AR/VR, трябва да включва следните стъпки:



## 1. Анализ на нуждите и определяне на обхвата:

**Оценка на настоящото състояние:** Проучват се съществуващите рискове в областта на услугите, данните за инциденти и ефективността на настоящите програми за обучение. Определя се кои опасности (високо напрежение, термично изтичане, изтичане на химикали и др.) могат да бъдат по-добре преодолені с AR/VR.

**Идентифициране на целевата аудитория:** Анализират се нуждите, нивото на знания и стиловете на учене на техниците (новоназначени, опитни специалисти) и мениджърите по безопасност и здраве при работа, които ще преминат обучението.

**Идентифициране на областите на приложение:** Изясняват се конкретни области на приложение, като анализ на риска, аварийни учения, обучение за разпознаване на опасности или процедурни указания.

## 2. Техническа инфраструктура и избор на хардуер:

**Софтуер:** Симулационният софтуер се разработва с помощта на физични двигатели като Unity и езици за програмиране като C# и Javascript.<sup>45</sup> Примери за това са AR/VR платформи като H-ARF (платформа за разширена реалност) на Havelson и виртуални тренажори за поддръжка.<sup>46</sup>

**Хардуер:** Избират се VR слушалки (например Oculus, HTC Vive) или AR очила (например Microsoft HoloLens), смартфони/таблети и други устройства, подходящи за потребителското преживяване и целта на приложението.<sup>47</sup>

**База данни:** Потребителските данни (производителност, процент на грешки, напредък в обучението) се записват чрез бази данни като MySQL, за да се позволи наблюдение и отчитане на ефективността на обучението.<sup>45</sup>

## 3. Симулационно съдържание и дизайн на сценарии:

**3D моделиране и създаване на среда:** Областта на обслужване на електрическите превозни средства, моделите на превозните средства, кабелите за високо напрежение, акумулаторните батерии, станциите за зареждане и друго оборудване се създават с реалистични 3D модели.<sup>45</sup>

**Интерактивни сценарии:** Разклонени сценарии са проектирани, за да покажат последствията от решенията и действията на потребителите.<sup>43</sup> Например, могат да се симулират потенциалните резултати от неправилен избор на ЛПС, неспазване на процедурите за LOTO или грешки при реагиране при извънредни ситуации.



**Визуализация на опасности:** AR наслагва цифрова информация (знаци за опасни зони, нива на напрежение, предупреждения за изтичане на газ, прегряти батерии) върху реалния свят, за да предостави незабавна информация за ситуацията.(43) VR позволява опасни ситуации като пожар, токов удар или експлозии на газ да бъдат преживени в безопасна виртуална среда.(49)

**Механизми за обратна връзка:** Интегрирани са системи, които оценяват представянето на потребителите, идентифицират грешки и предлагат коригиращи действия. Незабавната обратна връзка ускорява процеса на обучение и предотвратява повторението на грешки.(43)

### **1.Тестване на модули, обратна връзка и непрекъснато усъвършенстване:**

**Пилотно внедряване:** Разработените симулации се тестват с малка целева аудитория (пилотна група).

**Анализ на представянето:** Измерват се уменията на потребителите за разпознаване на опасности, вземане на решения и интервенция. Записаните данни за представянето се използват за оценка на ефективността на обучението.

**Събиране на обратна връзка:** От участниците и инструкторите се събира подробна обратна връзка за потребителското преживяване, техническите проблеми и качеството на съдържанието.

**Цикъл на усъвършенстване:** Модулът се усъвършенства и актуализира непрекъснато въз основа на събраните данни и обратна връзка. Редовно се извършват актуализации на техническата инфраструктура и обновяване на съдържанието.

AR/VR симулациите могат да функционират не само като инструменти за обучение, но и като инструменти за анализ на риска в реално време и „ситуационна осведоменост“. (43) Сервизните техници могат да визуализират високоволтовите компоненти, състоянието на акумулатора или потенциални изтичания на газ в превозното средство в реално време чрез AR очила, което позволява по-бързо и по-точно откриване на невидими опасности. Докато традиционният анализ на риска често е статичен и периодичен, способността на AR/VR да интегрира и визуализира данни в реално време позволява по-бързо откриване на динамични и непосредствени опасности, което повишава осведомеността за ситуацията и позволява проактивна интервенция. Това гарантира, че анализът на риска се превръща в непрекъснат и динамичен процес.



В таблицата по-долу са обобщени стъпките и очакваните ползи от AR/VR поддържаните симулационни приложения в обслужването на електрически превозни средства:

**Table 2: AR/VR Supported Simulation Applications in Electric Vehicle Services: Steps and Gains**

СТЪПКИ	ОПИСАНИЕ	AR/VR РОЛЯ	ОЧАКВАНИ ПОЛЗИ
<b>1. Анализ на нуждите</b>	Идентифициране на съществуващи рискове, данни за инциденти и пропуски в обучението. Определяне на учебните цели и целевата аудитория.	Визуализация и анализ на рисковете с цел идентифициране на потенциални области за приложение	Повишаване на осведомеността за рисковете, изясняване на нуждите от обучение.
<b>2. Техническа инфраструктура</b>	Избор и конфигуриране на софтуерна платформа (Unity, C#, Javascript), хардуер (VR/AR очила, таблети) и база данни (MySQL).	Създава основата на симулационната среда. Осигурява реалистични физични двигатели и възможности за визуализация.	Ефективност на процеса на разработка, производителност на системата и мащабируемост.
<b>3. Съдържание за разработване</b>	3D моделиране на сервизната зона, превозни средства и оборудване. Проектиране на интерактивни сценарии, визуализация на опасности и механизми за обратна връзка.	Преживяване на опасни ситуации (пожар, електрически удар, изтичане на газ) в безопасна виртуална среда (VR). Наслагване на цифрова информация върху реалната среда (AR) за незабавни указания и разпознаване на опасности.	Повишена осведоменост за рисковете, намалени нива на грешки, подобро запаметяване на знанията, затвърждаване на безопасно поведение.
<b>4. Тестване и подобрения</b>	Повишена осведоменост за рисковете, намалени нива на грешки, подобро запаметяване на знанията, затвърждаване на безопасно поведение.	Оптимизация на потребителското изживяване, валидиране на реалистичността и ефективността на симулацията.	Непрекъснато подобряване на качеството на обучението, рентабилността и адаптивността.



### 3. АВАРИЙНИ СИТУАЦИИ: ДЕЙСТВИЯ В СЛУЧАЙ НА ПОЖАР, ТОКОВ УДАР, ИЗТИЧАНЕ НА ГАЗ И ДР.

Аварийните ситуации, които могат да възникнат при обслужването на електрически превозни средства, са сложни събития, изискващи бърза и правилна намеса. В тази секция ще бъдат разгледани общите принципи на управление и подробните стъпки за намеса при пожар, токов удар и изтичане на газ.

#### 3.1. ОБЩИ ПРИНЦИПИ ЗА УПРАВЛЕНИЕ НА ИЗВЪНРЕДНИ СИТУАЦИИ

Всяка зона за обслужване на електрически превозни средства трябва да разполага с изчерпателен план за действие при извънредни ситуации.(21) Този план трябва редовно да се репетира, оценява и актуализира.(28)

**Първа реакция и комуникация:** Първата стъпка при възникване на аварийна ситуация е да се запази спокойствие и да не се паникьосва. От съществено значение е да се активира алармената система, за да се предупреждават всички служители и аварийни екипи, след което незабавно да се уведомяват пожарната, координаторът по аварийни ситуации и другите съответни звена с подробна информация.(21)

**Обучение на персонала:** Целият персонал трябва да бъде обучен по аварийни процедури, основни познания по оказване на първа помощ (особено при токов удар) и номера за бърза комуникация.(28)

#### 3.2. СЦЕНАРИЙ ЗА ПОЖАРНА АВАРИЯ И ИНТЕРВЕНЦИЯ

Пожарите в електрическите автомобили имат различни характеристики от пожарите в традиционните автомобили и изискват специални стратегии за интервенция.

**Характеристики на пожарите в електрическите автомобили:** Пожарите с литиево-йонни батерии могат да генерират високи температури до 1000 °C по време на горенето. Тези пожари включват реактивни химикали, които могат да реагират с вода и да произведат водороден газ.(12) Те се характеризират и с отделянето на запалими и токсични газове (като флуороводород, фосфороксифлуорид, въглероден оксид). Пожарите с електромобили могат да се възпламенят отново дори след като са били погасени и могат да продължат с часове.(5)

##### Стъпки за намеса:

**1. Създаване на безопасна зона:** От съществено значение е да се опитате да преместите горящото превозно средство на безопасно място и да създадете безопасна зона от най-малко 10-15 метра около него.(5) Трябва да се внимава да не се вдишват токсични газове, излъчвани от горящите батерии.(9)



**1.Електрическа изолация:** Главните електрически прекъсвачи трябва да се използват за прекъсване на захранването на зарядната станция и свързаните превозни средства.(21) Трябва да се има предвид, че прекъсвачът за високо напрежение не трябва да се изключва, освен в спешни случаи, а кабелите за високо напрежение или батериите не трябва да се прекъсват, тъй като това може да доведе до сериозни наранявания или смърт.(5)

## **2.Пожарогасене и контрол:**

Използване на вода: Водата е най-ефективното средство за гасене на пожари с литиево-йонни батерии и трябва да се прилага директно върху батерийната система. (5) Много е важно да се продължи охлаждането в продължение на най-малко 10 часа с непрекъснато наблюдение с термовизионна камера.(21)

**Специални пожарогасители:** Могат да се използват пожарогасителни средства, специално предназначени за пожари с литиеви батерии, като AVD (Aqueous Vermiculite Dispersion) 51 и Lith-Ex пожарогасители.51 Системите, включващи Watermist технология и F500 пожарогасително средство, също могат да дадат ефективни резултати.(12)

**Други пожарогасители:** За пожари, възникнали в електрическото зарядно устройство, могат да се използват пожарогасители с въглероден диоксид (CO<sub>2</sub>) или сух химически прах (DCP).(21) Трябва обаче да се отбележи, че CO<sub>2</sub> и други химикали може да не охладят батерията при пожари на батерии, да не предотвратят повторно възпламеняване или дори да доведат до отделяне на токсични/експлозивни газове. (13) Използването на пяна обикновено не се препоръчва.(5)

**3.Пожарогасително одеяло:** Електрическият автомобил може да бъде покрит с пожарогасително одеяло, за да се контролира разпространението на пламъците.(21)

**4.Вентилация:** Ако пожарът е възникнал вътре в сграда, осигурете вентилация.

**5.Професионална намеса:** Ако капацитетът на екипа за гасене е превишен, трябва да се изчака пожарната служба и да ѝ се предостави ясна и кратка информация за опасността, като местоположението на пожара и съоръженията за електрическа изолация.(28)

Традиционните подходи за гасене на пожари (пълно потушаване на пламъците) може да са недостатъчни при пожари на батерии на електрически превозни средства. Основната цел при такива пожари е да се охлади батерията за дълъг период от време (до 10 часа), за да се спре термичното изтичане и да се предотврати повторно запалване, както и да се контролират емисиите на токсични газове. Това изисква промяна в парадигмата на екипите за пожарогасене и обслужване от „гасене на пожара“ към „контролиране и охлаждане на пожара“. Предвид високата температура и склонността към повторно възпламеняване на пожарите с литиеви батерии, фактът, че простото гасене на пламъците не е достатъчно и че продължителното охлаждане на батерията и предотвратяването на термичното изтичане имат предимство, формира основата на тази нова философия.



### 3.3. СЦЕНАРИЙ ЗА СПЕШНИ СЛУЧАИ С ЕЛЕКТРИЧЕСКИ УДАР И ПЪРВА ПОМОЩ

При случаи на токов удар най-важното е спасителят да не рискува собствения си живот.

Безопасност и изолация на спасителя: Необходимо е да се премести жертвата далеч от източника на ток с непроводящ предмет (например дърво). Не се приближавайте на по-малко от 20 метра от високо напрежение и изчакайте токът да бъде прекъснат. (6) Важно е да изключите прекъсвача, за да прекъснете тока, да не сте влажни или мокри, да носите гумени ръкавици, ако е възможно, и да стоите на непроводяща повърхност (например дърво) по време на спасяването. Прилагане на първа помощ (протокол ABCD):

	<b>Активиране на системата за спешна медицинска помощ (112)</b>	Незабавно се обадете на 112 и поискайте спешна медицинска помощ.
	<b>Бърза кардиопулмонална ресусцитация CPR</b>	Ако пострадалият е в безсъзнание и не диша, незабавно започнете бърза кардиопулмонална ресусцитация (CPR). Използвайте автоматичен външен дефибрилатор (AED), ако е наличен.
	<b>Премахване на дрехите</b>	Изгорели дрехи, обувки и колани трябва да бъдат премахнати, за да се предотврати продължителен контакт с топлина.
	<b>Подход при травма</b>	Всеки пациент, изложен на електрически удар, трябва да бъде третиран като травматичен пациент и да му бъде осигурена защита на гръбначния стълб.
	<b>Закарване до болница</b>	Всеки пациент, изложен на електрически ток, трябва първо да бъде отведен в медицински център за прием и да бъде изписан само с разрешение на този център след извършване на необходимите прегледи. Хоспитализация се препоръчва в случаи на експозиция на високо напрежение, преминаване на ток през гръдния кош и главата, наличие на системни симптоми, отклонения в ЕКГ или съмнение за аритмия. Трябва да се има предвид, че при електрически удар външно видимите увреждания (като изгаряния на кожата) може да не отразяват напълно вътрешните увреждания на органи (сърце, нервна система). Това увеличава значението на цялостната медицинска оценка и дългосрочното наблюдение (ЕКГ мониторинг за 24–48 часа).



### 3.4. СЦЕНАРИЙ ЗА АВАРИЙНА СИТУАЦИЯ ПРИ ИЗТИЧАНЕ НА ГАЗ И ИНТЕРВЕНЦИЯ

При обслужването на електрически превозни средства може да възникнат газови течове, особено от хладилни агенти, изтичащи от климатични системи, или водородни течове в превозни средства с горивни клетки.

#### Видове газови течове и опасности:

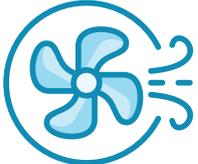
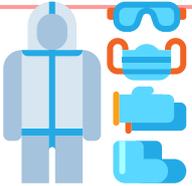
**Хладилни газове:** Съвременните климатични системи в електрическите превозни средства обикновено използват газове R-134a или R-1234yf, които са екологично чисти.(37) Някои хладилни агенти (напр. R32, R600A) могат да бъдат запалими и да представляват риск от експлозия при определени концентрации, когато са изложени на искри.(36) Вдишването на тези газове може да доведе до сериозни здравословни проблеми, като дразнене на белите дробове, белодробен оток, главоболие, замаяване и сърдечни аритмии.(40)

**Водороден газ:** Водороден газ се използва в електрически автомобили с горивни клетки.(41) Изпускане на водороден газ може да се случи и при пожари на литиево-йонни батерии.(28) Водородът е силно запалим и експлозивен, когато се смеси с въздух. Неговата безмирисваща и бледа пламък може да затрудни откриването му.

Безмирисващата природа или бледата пламък на хладилните агенти или водорода затрудняват откриването им с традиционни методи. Това кара техниците да се сблъскват с „невидима заплаха“.



## Стъпки за действия:

	<p>„Не изпадайте в паника и уведомете съответните органи.“</p>	<p>Първата стъпка е да запазите спокойствие, да установите периметър за безопасност и да се обадите на съответните служби и отговорни лица от безопасно разстояние от мястото на изтичане на газ.</p>
	<p>„Прекъснете подаването на газ.“</p>	<p>Необходимо е да се затвори газовият клапан и да се натисне бутонът за аварийно спиране.</p>
	<p>Вентилация</p>	<p>Отварянето на врати и прозорци за проветряване на помещението е важно. Ако газът е по-тежък от въздуха, той трябва да бъде изметен от ниско разположени и закътани места; ако е по-лек – от горните части.</p>
	<p>„Предотвратете източниците на запалване.“</p>	<p>Изключително важно е да не се използват осветителни и комуникационни устройства, които могат да предизвикат искри (електрически ключове, мобилни телефони, цигари), да не се докосват електрически ключове, да не се използва телефон и да не се използват открити източници на пламък като цигари, кибрит/запалки.“</p>
	<p>„Запален теч на газ“</p>	<p>„Ако течът може да бъде прекъснат от източника си, пламъкът се изгасва и течът се спира. Не трябва да се гаси газов пожар с вода. Ако има теч от тялото на бутилката, тя трябва да бъде изнесена на открито и да се остави да гори контролирано, докато се изпразни.“</p>
	<p>„Използване на лични предпазни средства (ЛПС)“</p>	<p>Преди намесата трябва да се носи лични предпазни средства (защитна маска, покриване на устата/носа с влажна кърпа).“</p>
	<p>В случай на натравяне</p>	<p>„Отровеният човек трябва да бъде изведен от средата, да се провери дихателната му система, при спиране на дишането да се извърши изкуствено дишане, да се постави в стабилно странично положение, да му се подаде кислород, да се разхлаби облеклото, да се поддържа топлината на тялото и да се уведоми най-близкото здравно заведение.“</p>



Неправилни действия, като например използване на вода при пожари, причинени от газ, или създаване на искри, увеличават риска от експлозия, което показва, че обучението за действие при извънредни ситуации трябва да се фокусира специално върху тези сценарии за „неправилна намеса“. Фактът, че изтичането на газ се превръща в „невидима заплаха“, увеличава значението на технологичните решения, като детектори за газ и обучение за визуализация на опасности, базирано на AR/VR.43 Таблицата по-долу представя обобщена диаграма на действията при извънредни ситуации, които могат да възникнат при обслужването на електрически превозни средства:

Аварийна ситуация	Първоначални стъпки (Уведомяване, Безопасност)	Методи за превенция (Гасене/Изолиране/ Първа помощ)	Последствия (Проследяване, Докладване, Нормализиране)
<p><b>Огън</b></p> 	<p>Запазете спокойствие, активирайте алармата, обадете се на пожарната (112) и съответните звена, предоставете подробна информация, установете безопасна зона (10–15 м)</p>	<p>Изолирайте електричеството (чрез главните бутони за изключване), не прекъсвайте кабели с високо напрежение. Охлаждайте с вода продължително време (до 10 часа с термокамера за наблюдение). Използвайте специални пожарогасители като AVD или Lith-Ex. Покрийте с противопожарно одеяло. Осигурете вентилация на закрито.</p>	<p>Изчакайте професионалните екипи (пожарна), предоставете им необходимата информация. Провеждайте непрекъснато наблюдение за риск от повторно възпламеняване. Подгответе доклад за инцидента, извършете анализ на първопричината.</p>
<p><b>Късо съединение</b></p> 	<p>Осигурете безопасността на спасителя (използвайте непроводим предмет, спазвайте разстояние от 20 м, прекъснете електрозахранването). Обадете се на 112.</p>	<p>Отстранете пострадалия от източника на ток, прекъснете електрозахранването, застанете върху изолираща повърхност. При липса на съзнание извършете бързо КПП (кардио-пулмонална ресусцитация). Свалете изгорелите дрехи, отнасяйте се към пострадалия като към травматичен пациент.</p>	<p>Прехвърлете пострадалия в най-близкото здравно заведение. Хоспитализация и ЕКГ мониторинг за 24–48 часа при високо напрежение или системни симптоми.</p>
<p>Изтичане на газ</p> 	<p>Не изпадайте в паника, установете периметър за безопасност, обадете се на съответните звена.</p>	<p>Затворете газовия вентил, натиснете бутона за аварийно спиране. Отворете врати/ прозорци, проветрете помещението. Предотвратете източници на запалване (електрически ключове, телефон, цигара). Ако се е възпламенило, прекъснете източника, не използвайте вода. Използвайте лични предпазни средства (ЛПС). Изведете отровения човек от средата, оказвайте първа помощ (дишане, кислород).</p>	<p>Проветрете помещението, проверете с газови детектори. Подгответе доклад за инцидента. Извършвайте непрекъснато наблюдение и преглед на мерките за безопасност.</p>



## 4. ОПЕРАТИВНИ СЪПКИ ЗА РАЗРАБОТВАНЕ НА МОДУЛ ЗА ОБУЧЕНИЕ ЗА РАЗПОЗНАВАНЕ НА ОПАСНОСТИ, БАЗИРАН НА AR/VR

Традиционното обучение по безопасност и здраве при работа (БЗР) може да има ограничения по отношение на запаметяването на знания и промяната в поведението.(49) Технологиите за разширена реалност (AR) и виртуална реалност (VR) предлагат значителен потенциал за преодоляване на тези ограничения, като подобряват възприемането на риска от страна на работниците и навиците за безопасно поведение.(43) В тази секция ще бъдат описани стъпка по стъпка процесите за разработване на модул за обучение по разпознаване на опасности, базиран на AR/VR.

### 4.1. АНАЛИЗ НА НУЖДИТЕ ОТ ОБУЧЕНИЕ И ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ЦЕЛИ

Първата и най-важна стъпка в разработването на модула е да се проведе цялостен анализ на нуждите.

**Анализ на настоящото състояние:** Оценява се ефективността на традиционното обучение по безопасност и здраве при работа, ограниченията при запаметяването на знания и липсата на знания сред учителите/обучителите за AR/VR технологиите.(49) Проучват се съществуващите данни за инциденти и инциденти, които са били на косъм от инцидент, за да се идентифицират най-често срещаните опасности и свързаните с тях пропуски в знанията или уменията.

**Идентифициране на целевата аудитория:** Определят се нуждите, стиловете на учене и настоящите нива на знания на различни групи, като например техници за обслужване на електрически превозни средства (новоначалени, опитни служители) и мениджъри по ОЗБ, които ще преминат обучение. Например, може да се наблегне на основното разпознаване на опасностите за новоначалените служители и на сложни сценарии за извънредни ситуации за опитни служители.

**Цели на обучението:** Задават се конкретни, измерими и постижими цели, като разпознаване на опасностите от високо напрежение, избор и използване на подходящи лични предпазни средства, прилагане на процедури за блокиране/маркиране (LOTO), развиване на умения за реагиране при извънредни ситуации и повишаване на общата осведоменост за рисковете.(43)

### 4.2. РАЗРАБОТВАНЕ НА СЪДЪРЖАНИЕ И ДИЗАЙН НА СЦЕНАРИЙ

Съдържанието и сценариите на обучението са разработени в съответствие с идентифицираните нужди и цели.

**Сценарии за разпознаване на опасности:** Подробно са разработени сценарии за опасности от реални работни среди или такива, които представляват потенциални рискове. Тези сценарии могат да включват повредени кабели за високо напрежение, изтичане на батерии, неправилно паркирани превозни средства, дефектно оборудване за зареждане, изтичане на газ и др. Сценариите трябва да отразяват реални проблеми, с които техниците могат да се сблъскат.





### Интерактивни модули за обучение:

**VR модули:** Опасни задачи (например, пожарни сценарии, симулации на токов удар, разливи на химикали) се преживяват в безопасна виртуална среда.(49) Тези модули предлагат на потребителите възможност да вземат критични решения и да развият умения за интервенция без риск в реалния свят. Например, интервенция при пожар на батерия или оказване на първа помощ при токов удар могат да се практикуват във виртуална среда.

**AR модули:** Цифрова информация (предупреждения за високо напрежение, инструкции за използване на ЛПС, точки LOTO, откриване на опасни газове, прегряти компоненти) се наслажда върху реалната сервизна среда, за да предостави незабавни указания и визуализация на опасностите. Например, маркирането на компоненти с високо напрежение в превозно средство чрез AR очила може да помогне на техниците да идентифицират невидими опасности.

**Механизми за обратна връзка и оценка:** Интегрирани са системи, които оценяват представянето на потребителя, идентифицират грешки и предлагат коригиращи действия. Незабавната обратна връзка ускорява процеса на обучение и предотвратява повторението на грешки.(43)

### 4.3. РАЗВИТИЕ И ИНТЕГРАЦИЯ НА ТЕХНИЧЕСКАТА ИНФРАСТРУКТУРА

Техническите изисквания на модула за обучение се определят и започва процесът на разработване.

**Избор на софтуерна платформа:** Симулационният софтуер се разработва с помощта на мощни физични двигатели като Unity и езици за програмиране като C# и Javascript.(45) Решения като H-ARF (платформа за разширена реалност) на Havel-san предлагат модулна инфраструктура, която позволява разработване на приложения на различни операционни системи.(46)

**Избор на хардуер:** Хардуерът, като VR слушалки (например Oculus, HTC Vive), AR очила (например Microsoft HoloLens) или смартфони/таблети, се избира въз основа на целевото преживяване и бюджета.

**Интеграция на бази данни:** Данните от обучението (участие, представяне, процент на грешки, време за завършване на сценарии) се записват в бази данни като MySQL, за да се позволи наблюдение и отчитане на индивидуалния и колективния напредък.(45) Тези данни се използват за измерване на ефективността на обучението и идентифициране на области за подобрене.

**Интеграция със съществуващи системи за управление на безопасността и здравето при работа:** Разработеният модул има за цел да бъде интегриран със съществуващите системи за управление на безопасността и здравето при работа на компанията (например ISO 45001).<sup>32</sup> Тази интеграция позволява данните от обучението да бъдат съпоставени с общата производителност по отношение на безопасността.

#### 4.4. ПИЛОТНО ВНЕДРЯВАНЕ, ОЦЕНКА И НЕПРЕКЪСНАТО УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ

Важно е разработеният модул да бъде тестван в реални условия и да бъде подложен на цикъл на непрекъснато усъвършенстване.

	<b>Първоначално обучение</b>	Разработеният модул се пилотира с малка целева аудитория. На този етап се наблюдава техническата му ефективност, удобството за потребителя и постигането на учебните цели.
	<b>Анализ на изпълнението</b>	Уменията на участниците за разпознаване на опасности, вземане на решения и намеса се измерват чрез данни, записани в рамките на симулацията. Анализират се процентите на грешки, времето за реакция и степента на правилно прилагане на процедурите.
	<b>Събиране на обратна връзка</b>	Подробна обратна връзка относно потребителското изживяване, техническите проблеми, качеството на съдържанието и цялостната ефективност на обучителния модул се събира от участниците и инструкторите.
	<b>Подобрен цикъл</b>	Модулът се подобрява и актуализира непрекъснато въз основа на събраните данни и обратна връзка. Това гарантира, че съдържанието остава актуално, техническите проблеми се отстраняват, а потребителското изживяване се оптимизира.

Обучението, базирано на AR/VR, може да промени не само предаването на знания, но и навиците на работниците по отношение на „възприемането на риска“ и „безопасното поведение“. Докато традиционните методи предоставят само „информация“, AR/VR предоставя „опит“. Този опит позволява на работниците да преживеят опасни ситуации „като в реалния живот“, което повишава осведомеността за риска и засилва безопасното поведение.(43) Следователно целта е да се развие разбиране не само за „какво да се прави“, но и за „защо да се прави“, което води до промяна в поведението. Това значително увеличава запаметяването на знания и степента на приложение в реалния живот.



Етап	Под-стъпки	Основни активности	AR/VR Интеграция	Очаквани резултати
<b>1. Необходим е анализ</b>	Анализ на текущото състояние, идентифициране на целевата аудитория, определяне на учебните цели	Преглед на данни за инциденти и инциденти без последствия, проведете анкети/интервюта, съберете мнения от експерти по здраве и безопасност при работа (ЗБР).	Визуализирайте рисковете и опасностите в 3D, за да идентифицирате потенциални области за обучение.	Ясно формулирани учебни цели, профил на целевата аудитория, приоритизирани сценарии с опасности.
<b>2. Разработване на съдържание</b>	Сценарии за разпознаване на опасности, интерактивни обучителни модули, механизми за обратна връзка	Създаване на реалистични сценарии, 3D моделиране, анимации, интерактивни работни потоци и сценарии с грешки.	Преживейте опасни ситуации в безопасна среда чрез виртуална реалност (VR). Наслаждавайте дигитални предупреждения и насоки върху реалната среда чрез добавена реалност (AR).	Подробни документи със сценарии, библиотека с 3D обекти, интерактивни обучителни модули
<b>3. Техническа инфраструктура</b>	Избор на софтуерна платформа, избор на хардуер, интеграция на база данни, интеграция със съществуващи системи.	Разработете софтуер с Unity/C#/Javascript. Закупете VR/AR очила. Настройте база данни MySQL. Интегрирайте със стандарта ISO 45001.	Изградете техническата основа на симулацията. Осигурете реалистична физика и визуализация.	Функционален софтуер, съвместим хардуер, система за запис на данни, инфраструктура за интеграция
<b>4. Първоначално внедряване</b>	Първоначално обучение. Анализ на представянето, събиране на обратна връзка, цикъл на подобрене	Проведете пробно обучение с малка група. Измерете представянето на участниците. Съберете обратна връзка чрез анкети и интервюта.	Оценете потребителското изживяване и ефективността на обучението при реалистични условия	Доклад за подобрене на модула, актуализирани сценарии, технически корекции.



## 5. ДИЗАЙН НА ПЛАКАТ: „РЪКОВОДСТВО ЗА БЕЗОПАСНА РАБОТА ПРИ ОБСЛУЖВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА“

Плакатите за безопасност са ефективен начин за предаване на важна информация за безопасността по визуален и кратък начин. В тази секция ще бъдат представени целта на плакатите за безопасност, основните принципи на дизайна, които повишават тяхната ефективност, и препоръки за дизайна на плакат, озаглавен „Ръководство за безопасна работа при обслужване на електрически превозни средства“.

### 5.1. ЦЕЛ И ЕФЕКТИВНОСТ НА ПЛАКАТИТЕ ЗА БЕЗОПАСНОСТ

Плакатите за безопасност се използват, за да привлекат вниманието на работниците, да засилят посланията за безопасност, да подпомогнат обучението, да повишат осведомеността и да насърчат положителна култура на безопасност на работното място.

**Цел:** Плакатите трябва да подчертават конкретни въпроси, свързани с безопасността, да се насочват към реални проблеми и да насърчават положителни действия. Те визуално засилват информацията, предоставена по време на обучението, като помагат на работниците да запомнят и прилагат правилата за безопасност.

#### Методи за повишаване на ефективността:

**Разположение и ротация:** Плакатите трябва редовно да се преместват на различни места и да се поставят на различни „горещи точки“ (тоалетни, стаи за почивка, входове, часовници за отчитане на работното време, асансьори), където се виждат често. Плакатите, оставени на едно и също място за прекалено дълго време, с времето стават незабележими.

**Честота на актуализиране:** Повечето специалисти по безопасност считат, че честото сменяне на плакатите повишава тяхната ефективност. Новите цветове, визуални елементи и слогани привличат вниманието.

**Ясно и еднозначно послание:** Плакатите трябва да съдържат еднозначно, ясно и разбираемо послание. Трябва да се избягват сложни изрази и прекалено много информация.

**Използване на хумор:** Когато е уместно, хуморът може да повиши запомняемостта на посланието. Въпреки това, хуморът може да не е подходящ за всяка тема, свързана с безопасността.





## 5.2. ОСНОВНИ ДИЗАЙНЕРСКИ ПРИНЦИПИ

При проектирането на ефективен плакат за безопасност трябва да се вземат предвид принципите на визуалната комуникация.

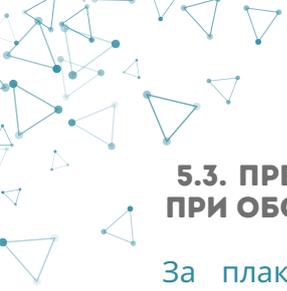
**Визуална йерархия и ясно послание:** Йерархията в дизайна гарантира, че важната информация (заглавие, основно послание) се подчертава чрез визуална тежест, размер, цвят или позиция. Посланието трябва да е лесно за четене, разбираемо и ясно, като се избягва ненужното претрупване.

**Цвят, баланс, контраст и оригиналност:** Ярките цветове и високият контраст могат да привличат вниманието, но не трябва да се прекалява с тях. Балансираното разпределение на визуалното тегло (симетричен или асиметричен баланс) създава естетичен вид. Оригиначните визуални елементи и теми помагат на работниците да забележат плаката.

**Подходящо за аудиторията и положителен подход:** Съобщението трябва да е подходящо за нивото на знания на целевата аудитория (техници, нови служители) и не трябва да използва снизходителен език към опитни служители. Трябва да се използва положителен, окуражаващ тон, а съобщенията „правете“ трябва да се предпочитат пред съобщенията „не правете“.

**Визуална грамотност и културна уместност:** Ефективността на плакатите за безопасност зависи не само от техническите принципи на дизайна, но и от нивото на „визуална грамотност“ на целевата аудитория и „културната динамика“ на тяхната работна среда. Например, използването на хумор може да не е подходящо във всяка обстановка или за всяка тема, свързана с безопасността. Плакатите трябва не само да предават информация, но и да служат за изграждане на „култура“ на безопасност, като отчитат ценностите и възприятията на работниците. Това означава, че плакатите, като средство за комуникация, трябва да отразяват и формират културата на безопасност, а не само да предават информация.





### 5.3. ПРЕПОРЪКИ ЗА ДИЗАЙН НА ПЛАКАТ „РЪКОВОДСТВО ЗА БЕЗОПАСНА РАБОТА ПРИ ОБСЛУЖВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ ПРЕВОЗНИ СРЕДСТВА“

За плакат с заглавие „Ръководство за безопасна работа при обслужване на електрически превозни средства“ могат да се вземат предвид следните препоръки за дизайн:

#### Фокус върху съдържанието:

**Предупреждения за високо напрежение:** Визуални изображения на оранжеви кабели за високо напрежение, опасни нива на напрежение (напр. „400V+“, „800V+“) 2, както и местоположението и значението на сервизния щепсел/прекъсвача.

**Използване на ЛПС:** Ясни, разбираеми изображения на основни ЛПС, като изолирани ръкавици, предпазни щитове за лицето, облекло, устойчиво на електрическа дъга, изолирани обувки и кратки инструкции за употреба.

**Процедура ЛОТО:** Прости изображения на устройства за блокиране/маркиране (ключалка, етикет) и ясни предупреждения като „ИЗКЛЮЧЕТЕ ЗАХРАНВАНЕТО!“, „НЕ РАБОТЕТЕ!“.

**Номера за спешни случаи:** Важните номера за спешни случаи, като пожарна (112), линейка (112), аварийна служба за газ (187), трябва да бъдат ясно показани.

**Безопасност на батерията:** Температура на батерията, идеално ниво на заряд (20%-80%), предупреждения за механични повреди и симптоми на термично прегряване (дим, миризма).

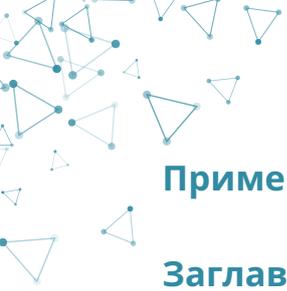
**Правилото за една ръка / Забрана за самостоятелна работа:** Прости икони или текстови напомняния, илюстриращи тези правила.

#### Визуални елементи и слогани:

Трябва да се използват ясни, прости и привличащи вниманието икони и пиктограми. Трябва да се възприеме минималистичен дизайн и принципът „по-малко е повече“. Предпочитат се кратки, запомнящи се слогани (напр. „**Високо напрежение, висока бдителност!**“, „**Безопасността е във вашите ръце!**“, „**Безопасността на първо място, обслужването на второ!**“).

- Могат да се изберат реалистични или карикатурни визуални елементи, които да привличат целевата аудитория (техници).
- Цветовата палитра трябва да включва предупредителни и опасни цветове (жълто, оранжево, червено), но като цяло да изглежда чиста и професионална.
- Стратегии за разполагане: Плакатите трябва да се поставят на стратегически места, като входове на сервизни зони, стаи за почивка, станции за зареждане и в близост до високоволтово оборудване в опасни зони. Препоръчва се редовното подновяване и актуализиране на плакатите, за да се поддържа свежестта на посланието и осведомеността.





## Пример за дизайн на плакат (с текстово описание):

**Заглавие на плаката:** Ръководство за безопасна работа при обслужване на електрически превозни средства

**Концепция на дизайна:** Минималистичен и с икони, с бързо разбираеми послания. Основни цветове: Тъмно синьо (фон), ярко оранжево (високо напрежение/предупреждение), бяло (текст), жълто (внимание).

### Горна част (заглавие и лого):

Заглавие: „РЪКОВОДСТВО ЗА БЕЗОПАСНА РАБОТА ПРИ ОБСЛУЖВАНЕ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛИ“ (голям, удебелен, бял шрифт)

Подзаглавие/слоган: „Високо напрежение, висока степен на готовност! Безопасността е във вашите ръце.“ (по-малък, бял шрифт)

Лого на компанията или лого на OHS в горния десен ъгъл.

### Средна част (области с основно послание – оформление с 3 колони):

#### Колона 1: БЕЗОПАСНОСТ ПРИ ВИСОКО НАПРЕЖЕНИЕ

**Икона:** Яркооранжев символ на мълния за високо напрежение.

**Текст:**

„400 V – 800 V+“ (голям, оранжев шрифт)

„Оранжеви кабели: високо напрежение!“ 9

„Изтеглете сервизния щепсел, изчакайте 5 минути!“ 5

„Никога не режете кабели с високо напрежение!“ 5

„Прилагайте правилото за една ръка.“ 23

„Никога не работете сами!“ 17

#### Колона 2: ЛИЧНО ЗАЩИТНО ОБОРУДВАНЕ (ЛЗО)

**Икона:** Символи за каска, ръкавици, очила.

**Текст:**

„Правилното ЛЗО спасява животи!“

Изолирани ръкавици: EN 60903 (подходящи за класа) 18

Защитна маска/каска с визьор: срещу електрическа дъга 9

Облекло, устойчиво на електрическа дъга: проверете стойността на ATPV/EVT 10

Изолиращи обувки: стандарт S3 18

Дихателна маска: срещу токсични газове 21

- „Проверявайте ЛПС преди всяка употреба.“



# 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!**

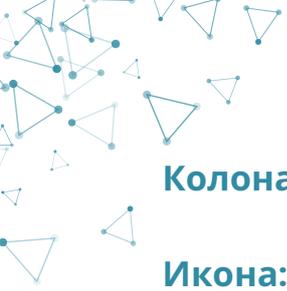


**Apply One  
Hand Rule.**



**Never  
Work Alone!**





### Колона 3: СПЕШНИ СЛУЧАИ И ИНТЕРВЕНЦИЯ

**Икона:** Пламък, токов удар, символи за газ.

**Текст:**

„Не се паникьосвайте! Действайте веднага!“

Пожар: „Обадете се на пожарната (112).“

„Охладете с вода (10 часа термовизионен монитор).“ „Използвайте пожарогасител AVD/Lith-Ex.“

Електрически удар: „Обадете се на линейка (112).“

„Изключете електрозахранването, окажете първа помощ (CPR).“

Изтичане на газ: „Обадете се на спешния телефон за газ (187).“

„Проветрете помещението, избягвайте искри.“

„Запознайте се с плана за действие при извънредни ситуации, участвайте в учения.“

#### **Долна част (допълнителна информация и контакти):**

„Следвайте инструкциите на производителя.“

„Оценката на риска и процедурите LOTO са от жизненоважно значение.“

„Консултирайте се с експерт по безопасност и здраве при работа за повече информация.“

Контактна информация за компанията или за отдела по безопасност и здраве при работа.

Дизайнът на този плакат има за цел да предаде бързо основните рискове и необходимите предпазни мерки за работниците в услугите за електрически превозни средства, както визуално, така и текстово. С ясни икони, привлекателни цветове и кратки, ориентирани към действие съобщения, той ще повиши осведомеността на работниците и ще засили навиците за безопасна работа.



# 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. ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗЧЕРПАТЕЛНИ ПРЕПОРЪКИ

Обслужването на електрически превозни средства представлява бъдещето на автомобилния сектор, но то носи нови и сложни рискове за здравето и безопасността на работното място, които са трудни за управление с традиционните подходи. Констатациите в този доклад разкриват многостранния характер на тези рискове (високо напрежение, термично изтичане, електрическа дъга, излагане на химикали, ергономични натоварвания) и техните потенциални каскадни ефекти. Ефективното управление на тези рискове изисква не само спазване на законите, но и проактивна култура на безопасност и интегриран подход, фокусиран върху непрекъснатото усъвършенстване.

### 6.1. ОБОБЩЕНИЕ НА ОСНОВНИТЕ КОНСТАТАЦИИ И ИНТЕГРИРАН ПОДХОД

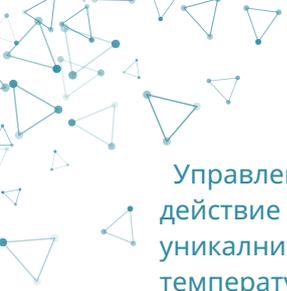
Основните рискове, срещани при обслужването на електрически превозни средства, и стратегиите за справяне с тях могат да бъдат обобщени както следва:

**Рискове, свързани с високо напрежение, и ЛПС:** Системите с високо напрежение в електрическите превозни средства (400 V–800 V и повече) представляват сериозна опасност, като например токов удар, електрическа дъга и термично изтичане. Използването на специализирано лично предпазно оборудване, включително изолирани ръкавици, отговарящи на стандартите EN 60903, облекло, отговарящо на стандартите ASTM F1959/IEC 61482, предпазни маски и изолирани обувки, е задължително за предпазване от тези рискове. От решаващо значение е ЛПС да се разглежда не като отделни елементи, а като „система за защита“ и да се осигурява редовната му поддръжка.

**Процедури за безопасна работа:** Процедурите за изолиране на енергията и блокиране/маркиране (LOTO) са основни административни методи за контрол, които предотвратяват неочаквано освобождаване на енергия. Принципите „правилото за една ръка“ и „никога не работи сам“ са от жизненоважно значение, особено при електротехнически работи с висок риск, за да се намалят последствията от потенциални инциденти и да се гарантира незабавна намеса. Всички операции трябва да се изпълняват в строго съответствие с инструкциите на производителя, за да се поддържа темпото на бързото технологично развитие.

**Анализ на риска и фактори на околната среда:** В сервизните зони трябва да се извършват комплексни оценки на риска (например анализ на дърво на грешките) за пожар, химически (особено електролити на батерии и хладилни агенти), ергономични (работа с тежки батерии) и механични рискове. Трябва да се вземат предпазни мерки като физическо отделяне на зоните за зареждане, защита срещу механични повреди и правилно изхвърляне на литиево-йонни батерии.





Управление на извънредни ситуации: Трябва да има подробни и репетирани планове за действие при извънредни ситуации като пожар, токов удар и изтичане на газ. Поради уникалните характеристики на пожарите в електрическите превозни средства, като високи температури, изпускане на токсични газове и склонност към повторно възпламеняване, трябва да се приеме стратегия за „контрол и охлаждане“ (особено продължително охлаждане с вода) вместо „гасене“. В случаи на токов удар, безопасността на спасителите и бързата сърдечно-белодробна реанимация с професионална медицинска помощ са от първостепенно значение, докато при изтичане на газ, предотвратяването на източници на възпламеняване и осигуряването на вентилация са при

**Обучение с подкрепата на AR/VR:** Предвид ограниченията на традиционното обучение, симулациите, базирани на AR/VR, предлагат революционен потенциал за подобряване на разпознаването на опасностите, осведомеността за рисковете и уменията за реагиране при извънредни ситуации. Тези технологии позволяват на работниците да научат за рисковете „чрез опит“, като увеличават запаметяването на знания и засилват безопасното поведение. AR/VR може да се използва и като инструмент за анализ на риска в реално време и за осведоменост за ситуацията.

**Съответствие с правните разпоредби:** В Турция Закон № 6331 за здравословни и безопасни условия на труд, националните професионални стандарти за „Поддръжка и ремонт на електрически и хибридни автомобили с батерии“, определени от Агенцията за професионална квалификация (МҮК), стандартите на TSE и международните стандарти (OSHA, NFPA, ISO 45001) формират основната правна рамка в тази област. Спазването на тези разпоредби е задължително, за да се гарантира минимално ниво на безопасност.

## 6.2. НЕПРЕКЪСНАТО УСЪВЪРШЕНСТВАНЕ, ОБУЧЕНИЕ И БЪДЕЩИ ПЕРСПЕКТИВИ

С непрекъснатото развитие на технологиите за електрически превозни средства, стратегиите за безопасност и здраве при работа също трябва да бъдат динамични и адаптивни.

**Непрекъснато усъвършенстване:** Системите за управление на безопасността и здравето при работа (ISO 45001) трябва да бъдат в цикъл на непрекъснато усъвършенстване, оценките на риска трябва да се актуализират периодично, а технологичните разработки (твърдотелни батерии, усъвършенствани системи за управление на батериите) трябва да се наблюдават отблизо. Това гарантира, че новите рискове могат да бъдат предвидени и да се предприемат проактивни мер

**Обучение и компетентност:** За техниците на електрически превозни средства е от решаващо значение да получават непрекъснато и специализирано обучение. Сертификатите за квалификация, издавани от институции като МҮК, стандартизират компетентността в тази област. Потенциалът на AR/VR технологиите за повишаване на ефективността на тези обучения трябва да се използва пълноценно. Обучението трябва да има за цел да развива не само техническите знания, но и практическите умения и способностите за вземане на решения.



**Интензивна култура на безопасност:** От съществено значение е да се създаде интензивна култура на безопасност не само чрез спазване на правилата, но и чрез повишаване на осведомеността на работниците относно рисковете и включването им в процесите по безопасност. Това позволява на работниците да разглеждат безопасността като своя собствена отговорност и насърчава безопасното поведение на работното място. Визуалните средства за комуникация, като плакати за безопасност, играят важна роля за укрепването на тази култура.

**Перспективи за бъдещето:** С развитието на технологиите за електрически превозни средства (например безжично зареждане, интелигентно управление на зареждането) могат да възникнат нови рискове и стратегиите за безопасност и здраве при работа трябва да се адаптират съответно. Изследователските и развойни дейности трябва да се фокусират върху по-безопасни технологии за батерии и методи за гасене на пожари.

В заключение, здравето и безопасността на работното място при обслужването на електрически превозни средства е многопластова и непрекъснато развиваща се област. Цялостният анализ на риска, правилното използване на лични предпазни средства, стриктното спазване на работните процедури, ефективното планиране на действията при извънредни ситуации и интегрирането на иновативни подходи за обучение, подкрепени от AR/VR, са незаменими за постигане на максимални стандарти за безопасност в тази област. Този интегриран и проактивен подход ще защити здравето и безопасността на работниците и ще допринесе за устойчивото развитие на сектора на електрическите превозни средства.





## References

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



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



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





## Речник на термините

**AVD (водна дисперсия на вермикулит):** Водно-базиран пожарогасителен агент на основата на вермикулит, специално разработен за гасене, контрол и охлаждане на пожари, причинени от литиево-йонни батерии.

**Електрическа дъга:** Внезапен и силен разряд на енергия във високоволтови електрически вериги, водещ до висока температура, светлина и налягателна вълна.

**ATPV (Arc Thermal Performance Value):** Количеството енергия, което един материал може да издържи, преди да предизвика втора степен изгаряне или да се разкъса, когато е изложен на електрическа дъга, измервано в калории/cm<sup>2</sup>.

**EBT (Breakopen Threshold Energy):** Количеството енергия, което един материал може да издържи, преди да се разкъса, преди да настъпи втора степен изгаряне.

**EMF (Electromagnetic Field):** Магнитни полета, свързани с високи токове в електрически превозни средства, които могат да предизвикат вихрови токове в човешкото тяло.

**FTA (Fault Tree Analysis):** Методология, използвана за анализ на основните причини, която графично представя възможните причини за нежелано събитие (например пожар) в дадена система и техните логически взаимоотношения.

**PPE (Personal Protective Equipment):** Оборудване, предназначено да предпазва работниците от опасности на работното място.

**DCP (сух химически прах):** Фини химически частици, използвани за гасене на пожари, действащи като забавители на горенето.

**LOTO (LockOut/TagOut):** Процедура за безопасност, прилагана за предотвратяване на неочаквано стартиране на машина или устройство или освобождаване на опасна енергия.

**MSD (мускулно-скелетни разстройства):** Разстройства, причинени от физическо натоварване, като ръчното боравене с тежки или обемисти предмети.

**AED (автоматичен външен дефибрилатор):** Преносимо медицинско устройство, което помага за възстановяване на нормалния ритъм на сърцето чрез прилагане на електрически шок в случаи на сърдечна аритмия.

**Термично изтичане:** Верижна реакция, започваща с неконтролирано прегряване на литиево-йонни батерийни клетки, което може да доведе до пожар или експлозия.

**VR (виртуална реалност):** Технология, която напълно потапя потребителя в цифрова среда, изолирайки го от реалния свят.

**AR (разширена реалност):** Технология, която наслагва цифрова информация (текст, изображения, 3D модели) върху изображения от реалния свят, обогатявайки реалността.





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!

