

БЕЗОПАСНОСТ НА ЕЛЕКТРИЧЕСКИ АВТОМОБИЛ

проф. д-р инж. Радостин Долчинков
доц. д-р инж. Камен Сейменлийски
инж. Иван Попов
Бургаски свободен университет

SAFETY OF ELECTRIC CAR

Prof. Dr. Eng. Radostin Dolchinkov
Assoc. Prof. Dr. Eng. Kamen Seimenliiski
Eng. Ivan Popov
Burgas Free University

Abstract: *The paper will contain information on the safety of electric cars. The standards for testing the car and its battery and the reaction to impact, cases of burning electric cars after a traffic accident are considered. Before going on sale, electric cars are tested by manufacturers and independent organizations in order to ensure a safe environment for the passenger in the event of an accident. The most important requirements for electric cars are that the battery cannot move from its factory location in the event of an impact and that parts of the battery do not go out of the car or into the passenger compartment.*

Key words: *electric cars, event of an accident, safety of electric cars*

Автомобилната индустрия е една от най-важните световни индустрии, не само на икономическо ниво, а на технологично също. Новите автомобили съдържат все по-добри технологии, които предпазват здравето и живота на водача и пътниците при пътнотранспортно произшествие. Също така в днешно време има най-голям брой автомобили на пътя и се продават все повече автомобили с всяка изминала година. Този огромен набор от автомобили е довел до проблемите със замърсен въздух в големите градски зони. Според проучване на Европейския Съюз, транспортния сектор отговаря за приблизително 28% от вредните емисии на въглероден диоксид (CO₂) всяка година, като личният пътнически транспорт отговаря за около 70% от тези емисии. Поради тази причина, правителствата на повечето държави от Европа окуражават използването на Електрически Автомобили (ЕА), за да се избегне продължителното замърсяване на въздуха. Правителствата в Европа предлагат различни инициативи за хора с електроавтомобил като по-малки данъци, финансова помощ при закупуване на електроавтомобил и липса на Еко Такса. В днешно време електроавтомобилите се предлагат в няколко основни варианта:

- Електрически автомобил само с батерия.
- Електрически автомобил хибрид.
- Електрически автомобил хибрид с възможност за зареждане от кабел.

Тези варианти са показани и сравнени във фигура 1.

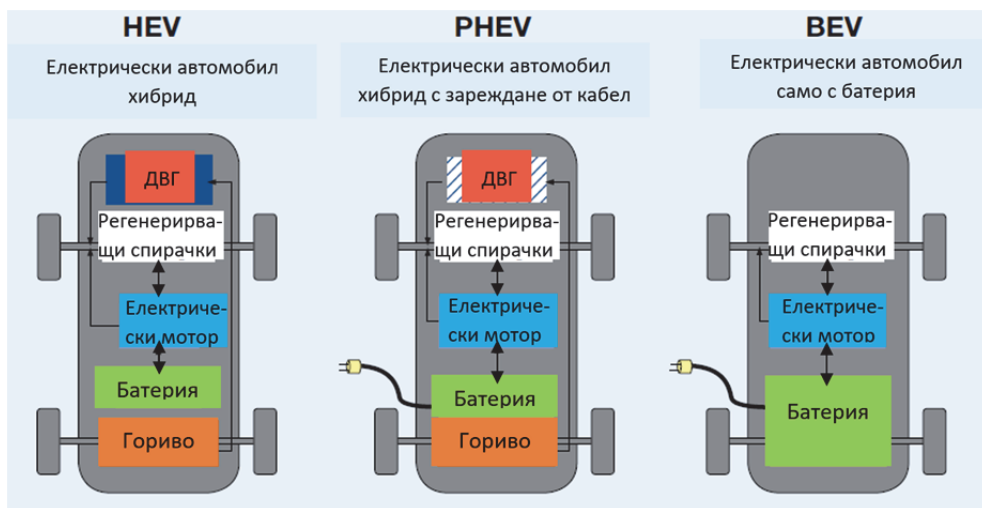
Всички тези модели електроавтомобил се предлагат в много различни конфигурации. Като например пътнически автомобили, автобуси, камиони и други. Най-чест-

то използваният вид батерия в електроавтомобилите е Литиево-йонна батерия (Li-ion).

Продажбите на електроавтомобилите се увеличават с всяка изминала година и се очаква в бъдеще да надминат тези на автомобилите с гориво. Поради голямото количество от електроавтомобили в движение, те стават все по-срещани при пътнотранспортни произшествия.

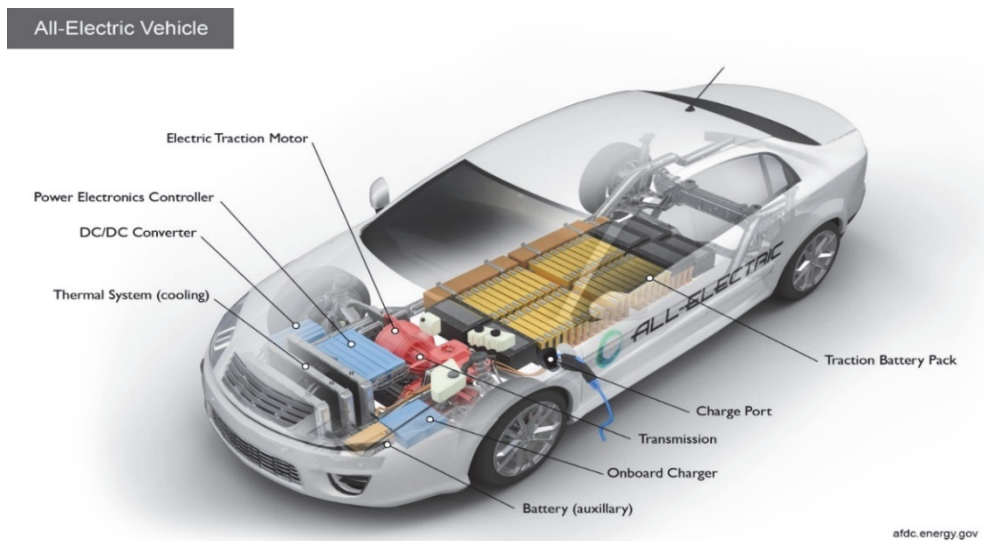
Много от случаите с електроавтомобили също така водят до пожар заради запалена литиевойонна батерия от удара. Държавите, където електроавтомобилите са най-разпространени, водят статистика за подобни случаи. В Китай, случаите на запален електроавтомобил са средно 31 всяка година. В Америка за една година са регистрирани 17 случаи на запален електроавтомобил с марка „Тесла“ (Tesla) и 3 случаи с марка и модел „BMW i3“. В Лондон противопожарната служба е докладвала 54 случаи на запален електроавтомобил през 2019 година и 27 случая през 2020 година. Много от тези инциденти са характеризирани с удар на електроавтомобила с голяма скорост и пожари, които трудно се гасят. Тези пожари изпускат огромно количество топлина и много вредни емисии за човека. Едно по-добро нещо на пожарите на електроавтомобили е, че трудно набират топлината да започнат, за разлика от автомобилите с гориво, където един допир до искра може да доведе до пожар. Също така, първоначално пожара е ограничен до заграждението където е съхранена батерията. Преди да влязат в продажба, електроавтомобилите се тестват от производителите и от независими организации с цел да се осигури безопасна среда на пътника при пътнотранспортно произшествие.

Едно от най-важните изисквания към електроавтомобилите е батерията да не може да се движи от фабричното си място при удар. Също така, да не излизат части от батерията извън колата или в купето при удар. До 30 минути след инцидент не трябва да има теч на електролит от батерията към купето и не трябва да може да изтече повече от 7% от целият електролит на батерията. Всички тези изисквания, и още много други, се оценяват от независими организации и се съставя обща оценка на безопасността на електроавтомобила при удар.



Фиг. 1. Основни варианти на електроавтомобил.

Електрически автомобил представлява превозно средство, което използва електромотор (батерия) с цел задвижване. Традиционните автомобили имат батерия (акумулатор), но той не служи да задвижва автомобила, а само го снабдява с електричество за да функционира различните му компоненти. Електроавтомобила използва батерията си при задвижване и акумулатора да функционира компонентите му. На фиг. 2 е показана схема на електроавтомобил и съставните му части.



Фиг. 2. Схема на напълно електрически автомобил. [2]

Електроавтомобилите имат следните предимства пред традиционните автомобили:

- 1) Никакви емисии при движение: този тип автомобил не изпуска нищо вредно като въглероден диоксид (CO_2) или азотен диоксид (NO_2). Производителите на електромобилите се стараят да ги произведат по най-чистите начини, но производството на батерии оставя процес, който замърсява въздуха.
- 2) Опростени компоненти: електроавтомобилите не съдържат всичките компоненти и части на двигател и скоростна кутия от традиционните автомобили. Следователно, електроавтомобилите са по-евтини за поддръжка и обслужване. Хибридният автомобил обаче съдържа и компонентите на традиционните автомобили, което ги прави по-сложни за поддръжка от чистите електроавтомобили.
- 3) Надеждност: поради това, че имат по-малко компоненти, електроавтомобилите се повреждат доста по-рядко. Също така, частите на електроавтомобилите не се изнасят с времето защото няма триене между тях.
- 4) Цена: сумата необходима за изминаване на дадено разстояние с електричество е много по-малко отколкото с гориво. Сравнение на спестените разходи за километър са изразени във фиг. 3.
- 5) Комфорт: електроавтомобилите са по-удобни от традиционните автомобили защото нямат двигател, който да създава вибрации и шум.



- 6) Доспътност: електрическите автомобили са единственият вид пътнически транспорт позволен в центровете на големи европейски градове, където е мръсен въздуха.

Електроавтомобилите имат следните недостатъци поради разчитането им на батерии:

- 1) Изминато разстояние с едно пълно зареждане: електроавтомобилите изминават средно между 200 и 350 км. с едно пълно зареждане, което е изключително малко.
- 2) Време за зареждане: ако батерията на електроавтомобил не се зареждат на станция с бързо зареждане, този процес може да отнеме от 4 до 8 часа. А на станция за бързо зареждане отнема до 1 час, което пак е много в сравнение с времето за зареждане на гориво в автомобил.
- 3) Цена и тегло: по-големите батерии, които са с по-добър пробег за едно зареждане, струват доста по-скъпо. Също така са тежки и заемат много пространство.

В днешно време се срещат следните модели електроавтомобили:

- 1) Електрически автомобили само с батерия – тези автомобили се задвижват само с електричество. Няма двигател с вътрешно горене и не използват никакъв вид гориво. За да могат да изминат дълго разстояние, те са снабдени с огромни батерии.
- 2) Електрически автомобили хибрид с възможност за зареждане от кабел – този вид автомобили се задвижват от двигател с вътрешно горене и електромотор. Основна характеристика е възможността електромотора да зарежда ток с кабел от мрежата. Те си намалят разхода на гориво като използват само електромотора в дадени моменти. Един хибрид от този тип може да измине между 50 и 100 километра само на ток.
- 3) Електрически автомобили хибрид – този вид автомобили се задвижва от двигател с вътрешно горене и електромотор. Не може да се зарежда електромоторът с кабел, а той се зарежда от работата на двигателя с вътрешно горене или от кинетичната енергия генерирана при натискане на спирачките. Един хибрид от този тип може да измине между 25 и 50 километра само на ток.
- 4) Електрически автомобили с горивна клетка – тези автомобили се задвижват от електромотор, който работи с помощта на сгъстен водород и кислород. Единственият продукт от тяхното задвижване е вода, следователно не замърсяват въздуха. Те се зареждат като стандартните автомобили от бензиностанции, но със сгъстен водород. Един автомобил от този тип може да измине между 500 и 750 километра с едно пълно зареждане.
- 5) Електрически автомобили с удължен пробег – тези автомобили се задвижват само с електромотор. Те имат малък двигател с вътрешно горене, който служи единствено да зарежда батериите на автомобила, когато има нужда.

Основните характеристики на батериите са следните:

- Капацитет – представлява количеството енергия, което може да бъде извлечено от батерия. Може да се измерва в Ампер-час (Ah) или Ват-час (Wh), но Ват-час се използва по-често. Капацитета пряко определя разстоянието, което може да измине един електрически автомобил. В близко бъдеще се очаква

да излязат батерии с капацитет над 100 kWh и с значително по-бързо зареждане.

- Гъстота на енергията – измерва се количеството енергия, което една батерия може да предостави за единица обем (Wh/L) или за единица маса (Wh/kg)
- Специфична мощност – мощността, която една батерия предоставя за единица тегло (W/kg).
- Брой цикли на зареждане – един цикъл е завършен когато се използват 100% от капацитета на батерията.
- Продължителност на живот – измерва се в това колко пъти може една батерия да бъде включена да се зарежда и да се приключи зареждането и като се махне от зареждащото устройство.
- Вътрешно съпротивление – компонентите на батериите не са перфектни проводници, което означава, че имат определено съпротивление към предаването на електричество. Когато се зареждат батериите, количество енергия се отделя под формата на топлина (термална загуба). Генерираната топлина за единица време е еквивалентна на загубената енергия от съпротивлението. При по-бързите и по-мощни заряди на електроавтомобили се губи повече енергия поради съпротивлението.
- Ефикасност – измерва се в това колко процента се е напълнил капацитета на батерията сравнено със заредената енергия.

Батериите остават най-голямата пречка на масовата адаптация към електрически автомобили. Разработването на нови по-добри, по-евтини и по-капацитетни батерии ще направи електроавтомобилите по-достъпни.

Капацитета на батериите е много важен фактор при електрическите автомобили защото пряко определя какво разстояние може да измине автомобила и колко време ще се зарежда батерията. Колкото е по-голям капацитета на батериите, толкова по-дълго разстояние може да измине електроавтомобил с едно зареждане, но и времето на зарежда също се увеличава с по-големият капацитет. През 2023 година се очаква да излезе автомобила Tesla Roadster, който ще бъде оборудван с батерия с капацитет 200 kWh и пробег с едно зареждане над 1000 km, така ще постави нов рекорд за капацитета и пробега на батериите в електроавтомобилите.

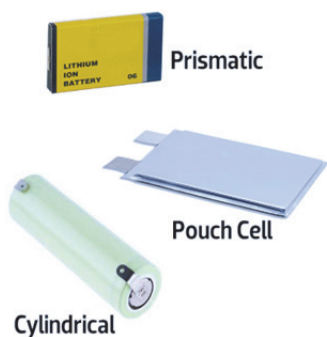
Когато се пътува с електроавтомобил, още един лимитиращ фактор е времето за зареждане на батериите. Стандартните източници на енергия зареждат един електроавтомобил с батерия от капацитет 30 kWh за около 10 часа. Дори когато се използва източник с бързо зареждане, процеса на зареждане ще отнеме от 1 до 3 часа. Едно решение на този проблем е да се създадат Станции за Смяна на Батерия (ССБ), където изтощената батерията на електроавтомобил се сменя с предварително заредена. За сега единствената компания, която произвежда пътнически автомобил предвиден да се използва със системата на ССБ е Tesla с Model S, където могат да се сменят батериите с нова само за 90 секунди. Системите на ССБ в Европа са за сега в етап на проектиране, като Дания е обявила желание в близко бъдеще да отвори ССБ, които ще се обслужват изцяло от роботи.

Електрическите автомобили притежават преобразовател, който позволява зареждането да се извършва в домашни условия. Но ако са нужни по-бързи заряди трябва да се използва станция за заряд на електрически автомобили, защото там се предоставя постоянен ток към батериите. Станциите за зареждане на батерии могат да притежават различни видове конектори, в зависимост от стандарта, който поддържат.

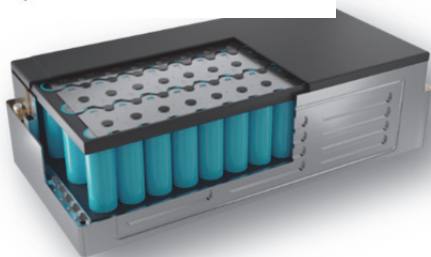
Изисквания към безопасност на електрическите автомобили

Електрическите автомобили трябва да се тестват по същите критерии и стандарти като нормалните автомобили. Също така, има и специфични тестове за компонентите електроавтомобили. Като например, дали системата за съхранение е защитена от удар, дали има химичен теч, и дали шасито е изолирано от източници на високо напрежение. Други важни фактори при тестване на автомобил са масата и центъра на тежестта.

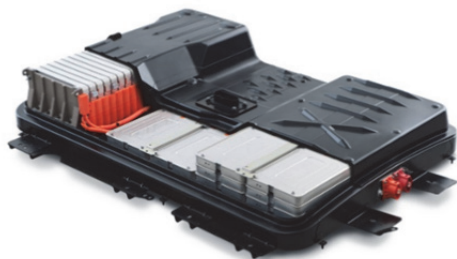
Системата за съхранение на енергия е сърцето на един електрически автомобил. Литиево-йонните батерии са най-използваната система в автомобилите. Тези батерии идват в три основни форми: цилиндрична, джоб, и призматична. Клетките на батерията са подредени заедно по подходящ начин за да се формират модули и след това се формира цяла готова батерия за автомобил. Батерията на автомобил се конфигурират за под, Т-образна, или задна конфигурация с цел да се покрият изискванията за пространство и производителност на автомобила. Тези конфигурации се избират за даден автомобил да са възможно най-безопасни за пътниците при удар. Във фиг. 3. са показани различните форми на литиево-йонна батерия, а във фиг.4 и фиг. 5. са показани структурите на модул и батерия от модули.



Фиг. 3. Основните форми на литиево-йонна батерия: Призматична (Prismatic), Джоб (Pouch Cell), Цилиндрична (Cylindrical). [6]



Фиг. 4. Модул на батерия. [11]



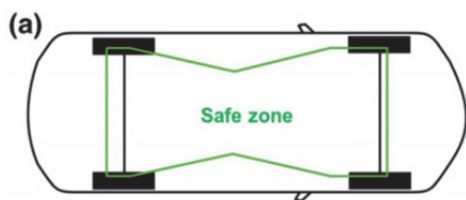
Фиг. 5. Батерия от модули. [14]

Преди да се започне производството на електроавтомобил, неговите батерии подлежат на тестове с цел да се види колко са безопасни за експлоатация. Има три основни тестове на батерии и те са механични, електрически, и термални. За да се обсъждат пътнотранспортни произшествия трябва да се даде фокус на механичните тестове. Тези тестове се изпълняват от независими институции и тяхната цел е да определят дали даден електроавтомобил и неговата батерия са безопасни при удар или друг вид стрес. Механичните тестове варират по тестови елементи и ниво на сложност според стандартите на организацията, която ги провежда. Четирите нива, по които е възможно да се тестват електрически автомобили са клетъчни ниво, модулно ниво, батерийно ниво, и автомобилно ниво.

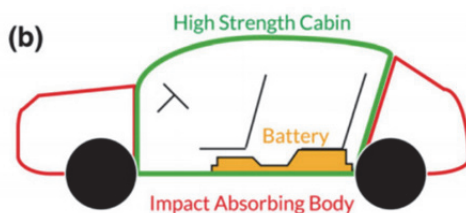
Тестове:

1. Механичен шок от удар.
2. Падане от високо.
3. Пробиване.
4. Потопяване във вода.
5. Сблъсък и смачкване.
6. Обръщане по таван.
7. Вибрации.

Батерията се поставя от производителите на автомобили на място далеч от зоните на удар при пътнотранспортно произшествие. Също така, батерията е в рамка заедно с други компоненти като кутии на модулите, електрически инсталации и системи за контрол, които са проектирани да предпазват батерията от външен шок, топлина и вибрации. След всеки тест, батерията придобива ниво на опасност, което се оценява от 0 до 7. На фигура 6 са изобразени местата където се поставя батерията в електрически автомобил.



Фиг. 6. (а) Безопасната зона за поставяне на батерия (Safe zone).



(b) Тялото, което абсорбира удара (Impact Absorbing Body), Структурно силната кабина (High Strength Cabin), [15]

Изисквания към безопасност на пътниците.

Изискванията към безопасност на пътниците се изразява в защита от електричество, от деформации на купето, и от теч на опасни химикали. Защита от електричество се изразява в предпазване от директен или индиректен контакт с компоненти притежаващи високо напрежение. Програмата за Оценяване на Нови Автомобили (New Car Assessment Program) е основната организация, която се занимава с тестване на дефор-



мации на купето и безопасността на пътниците при пътнотранспортно произшествие. При тестовите на NCAP се използва манекен, който е оборудна със сензори. Този манекен служи да покаже щетите върху шофьора и пътниците при челен, страничен, и заден удар. Тестовите изследва щетите към главата, шията, гърдите, и краката на шофьора и пътниците. След всеки удар се инспектира автомобила и показателите на манекена и се дава оценка от пет звезди за представянето на автомобила.

Бъдещи перспективи на електроавтомобилите.

Въпреки голямата адаптация на електроавтомобили от някои страни, те все още имат характеристики, които трябва да подобрят за да могат да станат доминиращи на пазара, да станат по безопасни при употреба, да повишат сигурността при шофиране. Тези характеристики са следните:

- 1) Използването на по-добри технологии за батериите.
- 2) По-добри методи на изработка на електроавтомобилите.
- 3) Подобряване и оптимизиране процеса на зареждане.
- 4) Използване на Изкуствен Интелект за по-ефикасно разпределение на енергия.
- 5) Използване на екологично чисти методи и технологии за зареждане на електроавтомобилите.

Литература:

1. https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle
2. <https://evtec.ca/araphatsumon-jpg-electric-car-are-somethings-that-show-up-in-the-news-all-the-time-there-are-several-reasons-for-the-continuing-interest-in-these-vehicles-electric-car-create-less-pollution-than-gaso/>
3. <https://www.cnbc.com/2022/01/29/electric-vehicle-fires-are-rare-but-hard-to-fight-heres-why.html>
4. https://en.wikipedia.org/wiki/Plug-in_electric_vehicle_fire_incidents
5. <https://www.bedsfire.gov.uk/Community-safety/Road-safety/Fire-in-Electric-Vehicles.aspx>
6. https://dieselnets.com/tech/energy_powertrains_batteries.php
7. <https://en.wikipedia.org/wiki/CHADEMO>
8. https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_car_use_by_country
9. <https://www.caranddriver.com/features/a36051980/evs-explained-battery-capacity-gross-versus-net/>
10. <https://www.myelectric.com/research/ev-101/electric-vehicle-battery-basics>
11. <https://www.teamtechnik.com/en/new-energy/battery-modules>
12. https://en.wikipedia.org/wiki/Electric_vehicle_battery
13. https://en.wikipedia.org/wiki/IEC_62196
14. https://en.wikipedia.org/wiki/SAE_J1772
15. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1317419/FULLTEXT02.pdf>
16. Plamen A. Angelov, „Automatic System for Measuring the Gain Frequency Response. Prototype Realization”, ICEST 2009, 25-27 June 2009, Veliko Tarnovo, ISSN 1312-4897, Том 2, стр. 543-546
17. Kamen Seymenliyski, Eldar Zaerov, Radoslav Simionov, Silviya Letskovska, Reducing The Environmental Impact Of Electrical Installations, International Conference on High Technology for Sustainable Development (HiTech 2018) Sofia, Bulgaria 11-14 June 2018, IEEE Catalog Number: ISBN: 978-1-5386-7040-8, p.206-209