МЛАД ФОРУМ
Механика Транспорт Комуникации
Научно списание http://www.mtc-aj.com
ISSN 2367-6558 (print)
ISSN 2367-6612 (online)
том 15, брой 1, 2026 г.
статия № 2802

АКУМУЛАТОРНИ БАТЕРИИ МОНТИРАНИ В ЕЛЕКТРОМОБИЛИ TESLA

Мариан Кудев, Владислав Александров, Ирена Божичкова
marian.kudev123@gmail.com, Vladialexandrov5@gmail.com, milenium_26@abv.bg

ВТУ „Тодор Каблешков”
София, 1574, ул. „Гео Милев” №158
БЪЛГАРИЯ

Ключови думи: *Акумулаторна батерия, акумулаторен пакет, акумулаторна клетка, Tesla, BMS, електромобил, TYPE2, заряд, разряд, високоволтова батерия, тягов електродвигател.*

Резюме: *Един от основните елементи на електромобилите е акумулаторната батерия. Високоволтовата акумулаторна батерия е основен енергиен източник в електромобила. Тя осигурява енергия за движение на ЕПС и за спомагателните електрически вериги. Енергийните показатели на батерията са от ключово значение за динамичните показатели на превозното средство и неговия пробег. Нейната функция е да осигурява необходимата електрическа енергия за електродвигателя и останалите консуматори в електромобила.*

В доклада са разгледани видовете акумулаторни батерии, монтирани в електромобили Tesla, както и техните характеристики. Посочени са фирмите производители на акумулаторни елементи, които Tesla поръчва за своите високоволтови батерии. Показан е общия вид на батерийния модул, който е част от високоволтовата батерия при електромобили Tesla. Посочени са единичните акумулаторни елементи, които се ползват в различните модели на Tesla. Дадена е подробна информация за високоволтовата батерия на Cybertruck, какви елементи се използват в нея и специфичното свързване на токовите шини. Показан е начина на интегриране на батерията в пода на превозното средство. Обърнато е внимание и на охладителната система на батерията.

Всички модели на Tesla, от Roadster 2006 до Model Y 2026, използват литиево-йонни батерии. Разликата в батериите между моделите на Tesla се състои в химичния състав на лития, както и във физическия размер и броя на клетките, включени във всеки пакет. За направата на батериите, Tesla си сътрудничи с различни производители на клетки, включително Panasonic, LG Chem, CATL и BYD.

В съвременните електромобили най-често използваните батерии са:
- LFP (литиево-железен фосфат);
- NCA (никел-кобалт-алуминий);
- NMC (никел-манган-кобалт).

1. ОБЩИ СВЕДЕНИЯ ЗА АКУМУЛАТОРНИТЕ БАТЕРИИ МОНТИРАНИ В TESLA

Батерията е централната част на електромобила и играе важна роля по отношение на пробега, производителността и експлоатационния живот на електромобила. *Tesla* използва различни типове батерии и химически характеристики на клетките в различните си модели, които се различават в зависимост от предназначението на електромобила, като за направата на батериите, *Tesla* си сътрудничи с различни производители на клетки, включително Panasonic, LG Chem, CATL и BYD. Всички модели на *Tesla*, от Roadster 2006 до Model Y 2026, използват литиево-йонни батерии (Фиг. 1).

Фиг. 1. Tesla model S

Фиг. 2. Tesla model X

Разликата в батериите между моделите на Tesla се състои в химичния състав на лития, както и във физическия размер и броя на клетките, включени във всеки пакет. Най-главните химически състави на клетките са:

- NCA (никел-кобалт-алуминий): Една от най-старите химически характеристики на клетките, използвана от Tesla в моделите S и X (Фиг. 1) (Фиг. 2). Тя се характеризира с висока енергийна плътност и добра скорост на зареждане, но изисква внимателна поддръжка, за да се запази максимално експлоатационният ѝ живот.

- NMC (никел-манган-кобалт): По-нататъшно развитие на клетките NCA с по-ниско съдържание на кобалт. NMC клетките се използват във вариантите Long Range и Performance на Модел 3 и Y. Те са по-евтини за производство и също така предлагат добра енергийна плътност.

- LFP (литиево-железен фосфат): Този химически състав се използва в моделите Standard Range на Tesla Model 3 и Y. Тези батериите са по-безопасни, по-издръжливи и по-евтини, но имат по-ниска енергийна плътност и не са подходящи за моделите с висока производителност [1, 2].

2. БАТЕРИИ В MODEL 3 И MODEL Y

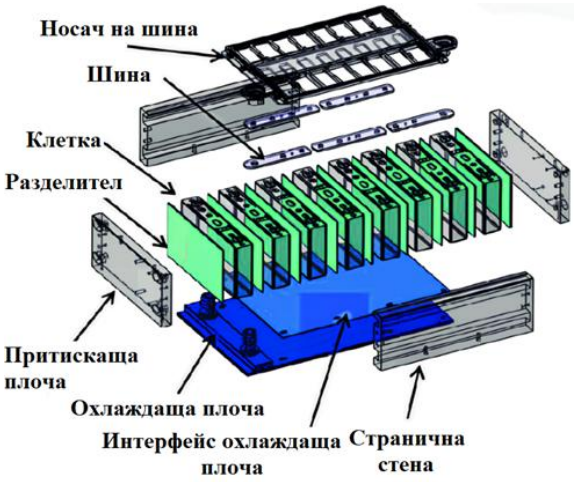
Tesla Model 3 и Model Y споделят два идентични варианта на батерии:

Tesla Model 3 с 60 kW и Tesla Model Y с 60-62 kW батерии е една от най-разпространените версии, особено в Европа след 2021 година.

Типът на батерията е литиево-железен фосфат (LFP), като използваемият капацитет е приблизително 57–58 kWh, тъй като Tesla оставя защитен буфер. Което е резерв от капацитет в батерията, който не е достъпен за потребителя, и служи, за да предпазва батерията от дълбоко разреждане и презареждане, да удължава живота на батерията, да осигурява стабилна работа във времето и подобрява точността на показанията. Клетките най-често са произведени от CATL и са призматични (Фиг. 3), а не цилиндрични това означава, че са с по-голям размер, по-лесни за охлаждане и

позволяват по-проста и здрава конструкция на батерийния пакет. Често срещан конкретен размер за една клетка е около 173 × 72 × 204 мм (ширина × дебелина × височина). Клетките са свързани (последователно), една към друга чрез тоководещи метални шини (busbars) (Фиг. 4). Tesla използва активно течно охлаждане [8]. През

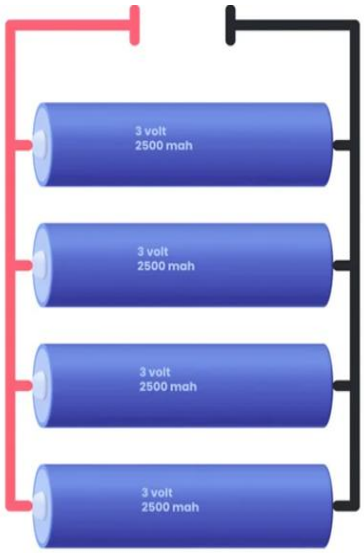
Фиг. 3. Призматични клетки



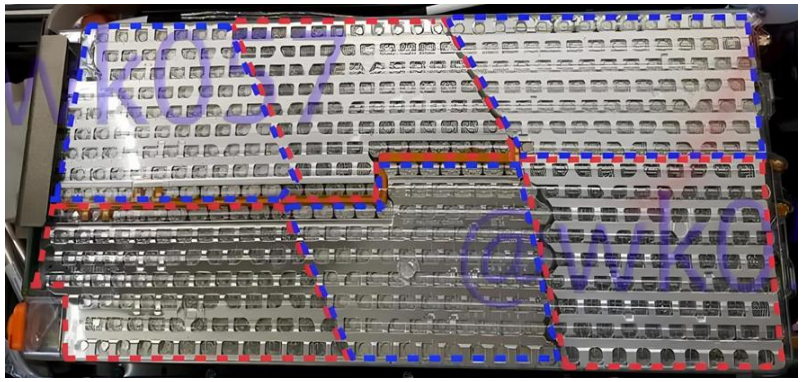
Фиг. 4. Конструкция на батерията

батерийния пакет преминава затворен кръг с охлаждаща течност (антифриз), която с помощта на охлаждащите плочи отвежда топлината от клетките [3].

При версията 78–82 kWh на Tesla Model 3 батерийният пакет е изграден от хиляди цилиндрични литиево-йонни клетки с химия NMC (никел-манган-кобалт), подредени в модули. В повечето Long Range версии се използват клетки формат 2170 (21 мм диаметър и 70 мм дължина). Те са разработени основно съвместно с Panasonic, а в някои по-нови серии се използват и клетки от LG Energy Solution. Клетките са свързани в комбинация от паралелни и последователни групи, за да се постигнат необходимите напрежение и капацитет за работа на електромобила. Първо, множество отделни цилиндрични клетки се свързват паралелно и образуват една група (Фиг. 5) [1]. След това тези паралелни групи се свързват последователно една след друга с токопроводими шини (Фиг.6). Охлаждането също е течно, но при този тип батерия охлаждащата система е интегрирана между клетките чрез специални охлаждащи канали [2, 4].



Фиг. 5. Паралелно свързани клетки



Фиг. 6. Токопроводими шини (busbars)

3. БАТЕРИИ В MODEL S И X

Тази батерия е проектирана така, че да осигурява голям пробег, висока мощност и дълъг експлоатационен живот. Номиналния и капацитет е 95-100 kW, а реално

Фиг. 7. Литиево-йонна батерия тип 18650

използваемият е 90-95 kW, заради защитния буфер. Клетките в батерията са литиево-йонни и използват химичен състав, NCA (никел-кобалт-алуминий). В тази химия основните материали са литий, никел, кобалт и алуминий. Катодът съдържа никел, кобалт и алуминий, а анодът обикновено е направен от графит. При тази батерия клетките са цилиндрични и са от типа 18650 (фиг. 7). Това означава, че всяка клетка има диаметър около 18 милиметра и дължина около 65 милиметра. Този тип клетки се използва широко в електрониката, но при електромобилите са специално оптимизирани за висока мощност и издръжливост. Производителят на клетките, използвани в батерията на Tesla Model S (95–100 kWh), е основно японската компания Panasonic. Тяхното свързване и охлаждане не се различава от това на Tesla Model 3 и Y с батерия 78–82 kWh [4, 5].

4. БАТЕРИЯ В TESLA MODEL CYBERTRUCK– 130+ KW

Акумулаторната батерия на Tesla Cybertruck (Фиг. 8) е една от най-големите и мощни батерии, използвани в серийно произвеждан електрически пикап. Нейният номинален капацитет е приблизително между 122 и 130 киловатчаса (kWh), а реално използваемият е около 117 kWh, заради защитния буфер. Това позволява на автомобила да съхранява голямо количество електрическа енергия и да изминава дълги разстояния с едно зареждане.

Фиг. 8. Tesla Cybertruck

Фиг. 9. Клетка тип 4680

Батерията използва модерни цилиндрични клетки тип Tesla 4680 (46 mm диаметър и 80mm височина) и химия NMC или NCA (фиг. 9). Тези клетки са по-големи и по-ефективни от описаните модели по-горе и позволяват по-добро охлаждане, по-голяма енергийна плътност и по-ниска цена на производство. Както при всички цилиндрични клетки има навита на руло структура от няколко слоя материали.

Основните елементи са катод, анод, сепаратор и електролит. Анодът обикновено е изграден основно от графит, а катодът съдържа литиеви съединения с никел и други метали, които позволяват съхранението и освобождаването на електрони по време на зареждане и разреждане. В един батериен пакет се съдържат приблизително 1300 клетки, които работят заедно, за да осигурят необходимата мощност за двигателя и всички електрически системи на автомобила. Те се произвеждат от самата компания Tesla. Една важна

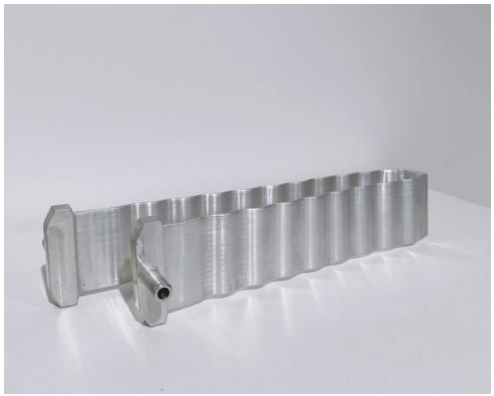
Фиг. 10. Паралелно свързани клетки

особеност на тези клетки е така наречената „tabless“ конструкция. При стандартните цилиндрични клетки електрическият ток се извежда чрез малки метални „табове“ (контакти). При новия дизайн почти цялата периферия на електродите служи като контактна зона. Това намалява електрическото съпротивление, позволява по-бързо зареждане и намалява отделянето на топлина (Фиг. 10).

Клетките в батерията на Tesla Cybertruck са свързани чрез комбинация от паралелни и серийни връзки, като разликата от описаните по-горе батерии е броя клетки свързани паралелно (около 192) и визията на свързването. Първо няколко клетки се свързват, като положителните им полюси се свързват заедно, също така и отрицателните. (Фиг. 10). След това тези паралелни групи се свързват последователно (серийно). При серийното свързване положителният полюс на една група се свързва с отрицателния полюс на следващата. По този начин напрежението на батерията се увеличава, докато капацитетът остава същият като на една паралелна група. Комбинацията от тези два вида връзки позволява да се постигне едновременно високо напрежение и голям капацитет на батерията. (Фиг. 11).

Фиг. 11. Визия на батерията

Охлаждането на батерията се извършва чрез активна система с течност, която поддържа температурата на клетките в безопасни граници. При зареждане и разреждане, особено при бързо зареждане или високи токове, клетките отделят топлина. В батерийния пакет между редовете от цилиндрични 4680 клетки са разположени охлаждащи тръби (Фиг. 12), през които тече охлаждаща течност (антифриз), обикновено. Течността отвежда топлината от клетките към радиатор или топлообменник, където се охлажда и след това се връща обратно в системата [6, 7, 8].



Фиг. 12. Охладителна тръбичка

ИЗВОДИ

За да се запази един акумулатор работоспособен възможно най-дълго време е необходимо:

- Да се избягва дълбокия разряд – поддържане на заряда между 20% и 80%;
- Ограничаване на бързото зареждане – ускорява процесите на стареене на клетките;
- Температурен контрол – избягване на екстремни студ и горещина;
- Периодичен мониторинг – следене на напрежение, ток и температура при натоварване.

ЛИТЕРАТУРА:
[1] Ирена Божичкова, Мартин Златков, „Електроника и градивни елементи“, ISBN 978-954-684-519-1
[2] https://www.tmodel3.com/cooling_system-2403.html
[3] https://www.emic-bg.org/files/5_AKUM.pdf
[4] https://www.youtube.com/watch?v=vgfXyLLaO7I
[5] https://electric-cars.website/en/electric-cars/503-tesla-model-s-100d
[6] https://www.nextbigfuture.com/2022/08/reviewing-the-fully-disassembled-tesla-4680-battery-pack.html
[7] https://techtricity.substack.com/p/the-4680-cell-a-deeper-dive
[8] Златков М., Грищенко, П., Проблеми с охладителната система на батериите при електромобили „Tesla“ модели „S“ и „X“ - Шеста научна конференция с международно участие „Комуникации, електрообзавеждане и информатика в транспорта - КЕИТ – 2022“, гр. Банско, 30.08. - 02.09.2022 г., (сп. „Механика, транспорт, комуникации“, том 20, бр. 3/2, 2022, ISSN 1312-3823 (print), ISSN 2367-6620 (online)

BATTERIES INSTALLED IN ELECTRIC VEHICLES – TESLA

Marian Kudev, Vladislav Alexandrov, Irena Bozhichkova
marian.kudev123@gmail.com, Vladialexandrov5@gmail.com, milenium_26@abv.bg

Todor Kableshkov University of Transport
Sofia, 1574, str. Geo Milev 158
BULGARIA

Key words: *Battery, battery pack, battery cell, Tesla, BMS, electric vehicle, TYPE2, charge, discharge, high-voltage battery, traction motor.*

Abstract: *One of the main elements of electric vehicles is the battery. The high-voltage battery is the main energy source in the electric vehicle. It provides energy for the movement of the EPS and for the auxiliary electrical circuits. The energy performance of the battery is of key importance for the dynamic performance of the vehicle and its mileage. Its function is to provide the necessary electrical energy for the electric motor and other consumers in the electric vehicle. The report examines the types of batteries installed in Tesla electric vehicles, as well as their characteristics. The companies manufacturing battery cells that Tesla orders for its high-voltage batteries are indicated. The general appearance of the battery module, which is part of the high-voltage battery in Tesla electric vehicles, is shown. The individual battery cells used in the various Tesla models are indicated. Detailed information is given about the Cybertruck high-voltage battery, what elements are used in it and the specific connection of the current buses. The method of integrating the battery into the floor of the vehicle is shown. Attention has also been paid to the battery cooling system.*

All Tesla models, from the 2006 Roadster to the 2026 Model Y, use lithium-ion batteries. The difference in batteries between Tesla models lies in the chemical composition of lithium, as well as in the physical size and number of cells included in each pack. To make the batteries, Tesla collaborates with various cell manufacturers, including Panasonic, LG Chem, CATL and BYD.

In modern electric vehicles, the most commonly used batteries are:

- LFP (lithium iron phosphate);

- NCA (nickel-cobalt-aluminum);

- NMC (nickel-manganese-cobalt).