

# Elektrické baterie Tesla

pro studenty



Funded by the  
Erasmus+ Programme  
of the European Union



## STEP AHEAD II

The support of Professional development of VET teachers and  
trainers in following of New trends in Automotive Industry  
Automotive Innovation & Teacher training Academy  
2018-1-SK01-KA202-046334

# Elektrické baterie Tesla

## Cíl lekce:

Získat znalosti o konstituci a funkci článků baterií elektromobilů. The aim of the lesson:

To gain knowledge about the constitution and function of electric vehicles batteries cells.

## Příloha 3

### Tesla Electric Vehicles Batteries



*This image is available under the licence [Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)  
(Source 2019-11-15 [https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tesla\\_Model\\_S\\_\(Facelift\\_ab\\_04-2016\)\\_trimmed.jpg](https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Tesla_Model_S_(Facelift_ab_04-2016)_trimmed.jpg))*

## Autoři:

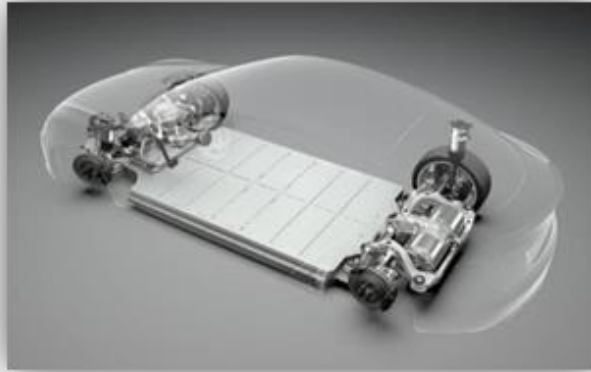
Juan Francisco Susarte Zamora

Álvaro Doural

Juanjo Martínez

---

## Tesla Electric Vehicles Batteries



*Paquete de baterías Model 3.*

Na rozdíl od článku a modulu je baterie inteligentním zařízením, které lze ovládat pomocí systému správy baterie (BMS), aby se maximalizoval výkon, zaručilo bezpečné fungování a přizpůsobil výstup tak, aby nedocházelo k nadměrnému zhoršování jeho výkonové kapacity dlouhodobě.

Buňky se staly moduly přidáním mechanických rámců, přípojníc, chladicího rozhraní a kabelového svazku senzorů. Každý z těchto prvků má další podporu pro transformaci modulů na inteligentní a bezpečné baterie.

Mechanické rámy modulů jsou propojeny s mechanickou strukturou baterie. Tato konstrukce musí obsahovat akumulátor o hmotnosti více než 600 kg. To poskytuje zbytku vozu dostatečnou tuhost a odolnost, zlepšuje dynamiku jízdy a jeho bezpečnost v případě autonehody.

Moduly jsou elektricky propojeny vysokonapěťovými přípojnícemi, kromě tepelného připojení pomocí chladicího systému s kombinací tuhých a flexibilních trubek.

Svazek snímačů má na starosti napájení systému BMS, který funguje jako regulátor bateriového systému, aby maximalizoval jeho výkon a bezpečnost.

Kromě toho baterie obsahuje pojistky zabraňující nadměrnému přepětí, kontakt pro zapnutí a vypnutí baterie ze zbytku vozidla a vstupně-výstupní konektor I/O pro elektrické a tepelné připojení baterie k automobilu.

Akumulátor Model S a X 100 kWh má absolutní energetickou kapacitu 102,4 kWh. Jeho typ 18 650 8,256 článků je uspořádán v konfiguraci 96s 86P se jmenovitým napětím přibližně 400V.

Hmotnost baterie je 641 kg, což nabízí gravimetrickou hustotu energie 182,5 W\*kg. To znamená, že 63% baterie je hmotnost odpovídající článkům.

Energetická kapacita se vypočítá vynásobením kapacity článku nominálním napětím sady a počtem paralelně zapojených článků.

$$E = 3,4Ah \times 400V \times 86P = 116,9kWh$$

Gravimetrická hustota energie baterie se vypočítá vydělením energetické kapacity hmotností baterie.

$$DEG = \frac{E}{\text{masa de la batería}} = \frac{116,9kWh}{641kg} = 182,5W*kg$$

Protože známe konečnou hmotnost pro každý článek, můžeme také dojít k závěru, že baterie má přibližnou hmotnost 404 kg, takže 237 kg baterie jsou součástí, které nejsou články

$$\text{Masa total de las celdas} = (96s * 86P) * 49g = 404,5kg$$

$$\frac{404,5kg}{641kg} = 0,63 = 63\%$$

Maximální výkon, který může Tesla ze své baterie získat, je 567 kWh. Výkon naší baterie je ovlivněn naším napětím, které je definováno napětím v článku počtem těchto článků zapojených do série, maximálním elektrickým proudem článku a odporem akumulátoru.

Alfa energie ( $P\alpha$ ) je jednoduše napětí baterie vynásobené intenzitou jejího elektrického proudu

$$P\alpha = V * I$$

Napětí baterie (V) při výrobě energie bude nižší než při otevřeném obvodu ( $V_{ca}$ ). Tento rozdíl je také známý jako delta napětí ( $V\delta$ ).

$$V = V_{ca} - V\delta$$

$V\delta$  se vypočítá vynásobením maximální intenzity kombinovaných článků odporem baterie.

$$V\delta = I * R$$

Abychom tedy mohli vypočítat maximální výkon baterie, musíme nejprve znát její odpor.

Odpor článků je velmi ovlivněn faktory, jako je změna jeho stavu, teplota rychlosti vybíjení. Pro zjednodušení použijeme číslo pro výboj 10 sekund od 1 C do 25 ° C. Odpor jednotlivých článků by byl přibližně 30 mΩ. Odpor drátového článku ( $R_{ec}$ ), který spojuje články se sběrníci, je přibližně 1 mΩ na jedno spojení. Každá sběrnice má přibližný odpor 0,1 mΩ vůči pokojové teplotě.

---

Odpor řady (řada R) je tedy odpor článku (článek R) plus dvojnásobek odporu drátového spojení, protože by došlo ke spojení na kladném i záporném pólu. To vše musí být vyděleno počtem buněk zapojených paralelně.

Řada R = R-buňka + (2\*Rec) / počet buněk paralelně

Řada R = 30 mΩ + (2\*1 mΩ) / 86 = 0,372 mΩ

Odpor modulu (R-modul) je odpor řady plus poloviční odpor sběrnice, vše vynásobené počtem článků v sérii v modulu, dříve jsme zmínili moduly 6.

R-modul = (R-série + (R del Bus bar/2)) \* počet článků v sérii

Modul R = (0,372 mΩ + (0,1 mΩ / 2)) \* 6 = 2,53 mΩ

kromě odporu modulu můžeme také sledovat odpor vysokonapěťové sběrnice, která spojuje moduly.

Bylo by to přibližně 0,02 mΩ.

Odpor vysokonapěťového připojení je 0,20 mΩ.

Odpor pojistky je 0,23 mΩ.

Odpor bočnicku umožňuje BMS měřit intenzitu proudu balení, která je 0,05 mΩ a odpor konektoru vysokého napětí 0,2 mΩ.

Proto se celkový odpor sady vypočítá jako odpor modulu (modul R) vynásobený počtem modulů v sérii (Ms) plus odpor vysokonapěťové sběrnice podle počtu modulů v sérii minus intenzita z toho plus odpor konektoru (R-ct), plus pojistkový odpor (R-fus), plus bočnickový odpor (R-sh) a plus odpor VN konektoru (RCHV)

$RT = (\text{modul R} * Ms) + (\text{přípojnice R de HV} * (Ms - 1)) + Rct + Rfus + Rsh + RCHV$

To nám dává ve výsledku odpor balení 41,8 mΩ.

Odpor článků představuje přibližně 80% celkového odporu baterie.

Z těchto informací můžeme odvodit, že s maximálním výstupním výkonem 567 kW bude intenzita naší sady baterií od 1 800 A do 2 000 A v závislosti na stavu nabíjení a teplotě článku.

Výsledkem je intenzita proudu článku přibližně 21A až 23A, což odpovídá 6,2C až 6,7C na článek jako krátkodobý špičkový výkon

Dále se podíváme na strukturu baterie:



*Mechanická struktura bateriového bloku*

Mechanická struktura balení pojme více než 600 kg baterie a skutečnost, že je základnou pro podporu zbytku konstrukce vozidla. Byl zkonstruován tak, aby poskytoval dostatečnou tuhost, umožnil vozu klidnou jízdní dynamiku a obstál v nárazových testech.

Silnější podélné příčky zvyšují odolnost proti bočním nárazům a podélnému ohybu. Ostatní příčnický mezitím poskytují dodatečnou torzní tuhost a také odolnost proti bočnímu nárazu. Tesla také použila vnitřní sekce k fyzickému oddělení každého modulu, což je užitečné, aby se zabránilo šíření požáru v případě poruchy.

Výsledky testu provedeného v roce 2015 ukázaly, co se stane s buňkou, když je probodnuta hřebíky a když je dlouhodobě uchovávána při vysokých teplotách. S ohledem na požadavky USA výsledky ukázaly, že požár je možný, takže je důležité navrhnout strategii hašení požárů baterií.

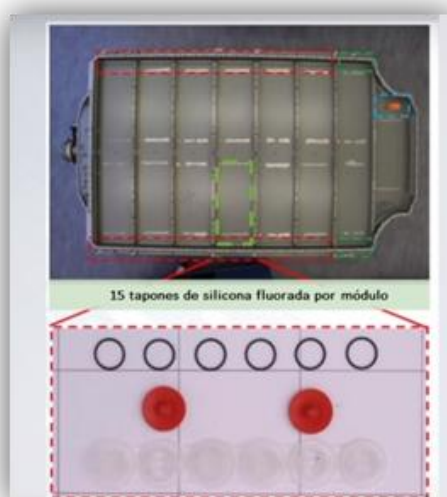


*Propýchnutý článek*



Článek vystavený vysoké teplotě

Podívejme se, jak tato strategie probíhá:



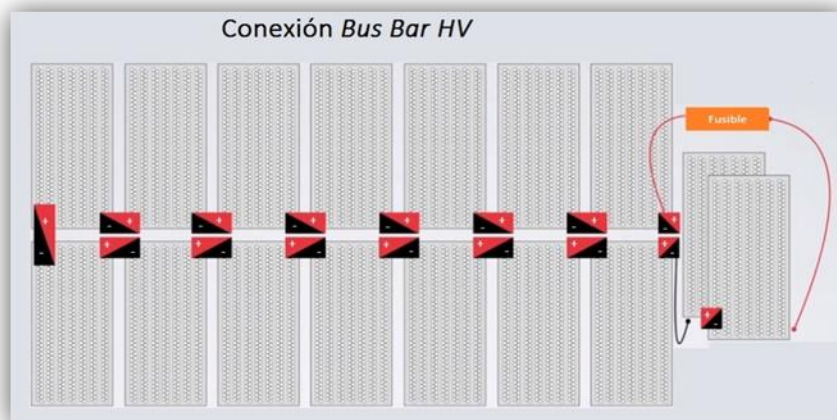
*Fyzické oddělení mezi moduly (horní část) a zátkami z fluorovaného křemíku (spodní část).*

Počáteční moduly jsou odděleny vrstvami slídy, které jsou umístěny kolem modulu, aby mezi nimi poskytly elektrickou izolaci. Tyto desky jsou také velmi stabilní, dokud nedosáhnou teploty asi 900 ° C, takže v případě chyby v článku se nerozloží okamžitě a udrží si ideální elektrickou izolaci od modulu k modulu.

Moduly jsou také na své horní a spodní straně odděleny plechy, které udržují baterii sestavenou. Navíc má izolační vrstvu o tloušťce 9,3 mm, která zabraňuje pronikání tepla do prostoru.

Pokud dojde k nějaké chybě v článku, bude generován tlak plynu, proto je důležité mít v balení dobrou ventilaci. Protože je každý modul fyzicky oddělen, měl by mít každý z nich vlastní větrací otvory. Kromě těch dvou modulů v přední části, které jsou naskládány jeden na druhý a sdílejí své větrací otvory.

Pro tyto otvory se používají zátky z fluorovaného křemíku, protože umožňují dobré utěsnění baterie, protože se s přibývajícím věkem nedegradují. Když je přítomno horké plyny, tyto se snadno rozloží a umožní průtok otvory.



Jak můžeme na obrázku pozorovat, vysokonapěťové sběrnice spojují 16 modulů v sérii, červená část je kladná svorka a černá záporná.

Tyto přípojnice jsou vyrobeny z cínu a mají příčný průřez 75 mm<sup>2</sup>, delší než ty, které se používají ke spojení naskládaných předních modulů, které jsou spojeny hlavní pojistkou.

Na závěr se budeme zabývat jeho chladicím systémem.

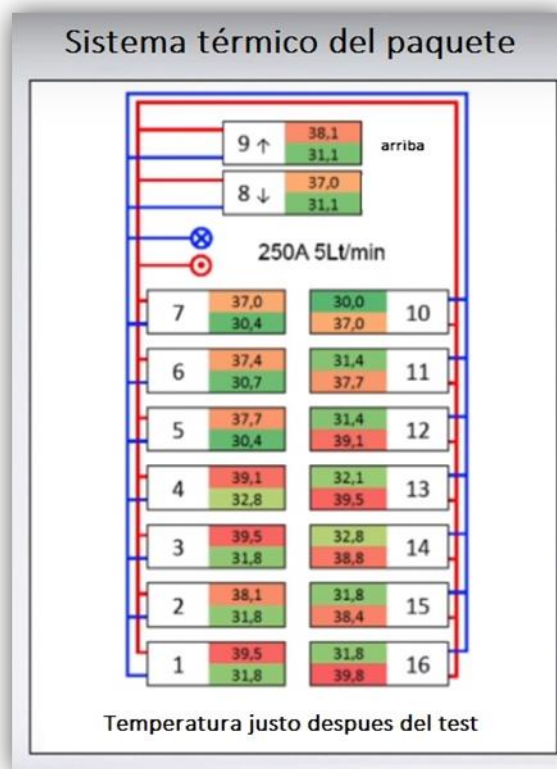


Výsledky různých testů provedených společností AVL ukazují, že baterie 100 kWh poskytuje dobré informace o chladicím systému.

Test sestával z opakovaných cyklů nabíjení a vybíjení 250 A, dokud nebylo dosaženo stabilní teploty. Test začal při 20 ° C s průtokem chladicí kapaliny 5 l/m.

V následujícím diagramu je studená strana proudu chladicí kapaliny zobrazena modře a horká červeně.





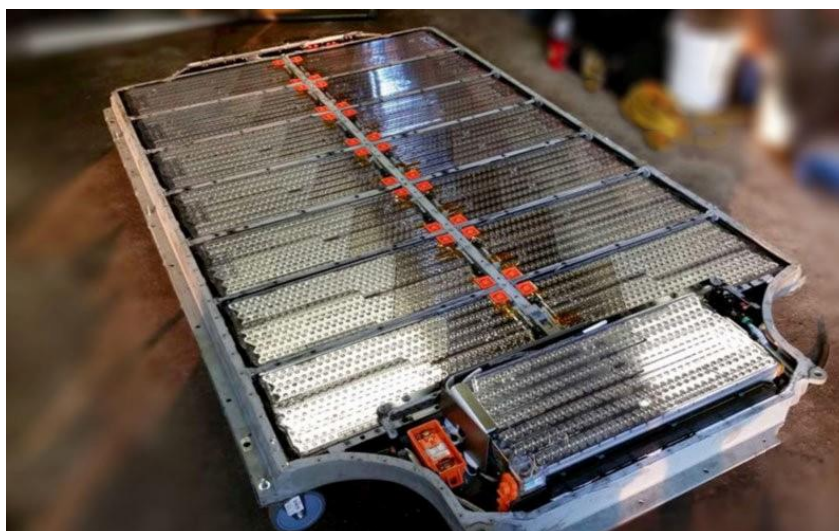
Chladicí kapalina je od samého začátku rozdělena tak, aby poskytovala servis 16 modulů paralelně. Horká strana v každém modulu je připojena paralelně k horkému výstupu baterie. Každý modul má dva přehledy NTC, které mohou měřit teplotu chladicí kapaliny při vstupu do okruhu a při výstupu z něj.

Je důležité minimalizovat změny teploty v každé buňce, protože čím jsou teplejší, tím dříve degradují. Na obrázku vidíme, že za výše uvedených podmínek existují důležité teplotní rozdíly, dosahující 8 stupňů rozdílu mezi vstupními a výstupními body, jak vidíme v modulu 16. Kromě toho je v celém balení teplotní rozdíl téměř 10 stupňů.

Tento teplotní rozdíl v modulech vzniká v důsledku způsobu, jakýmkoli chladivem cirkuluje mezi články. Je třeba se o pohybovém tvaru „s“, je stále teplejší, dokud nezhasne. Jak jsme již dříve viděli proces chlazení v modulech, Tesla již začala nahrazovat tento chladicí systém ošetřený v Modelu S a X novým systémem, který používáme v Modelu 3.

## Závěr

21 700 články jsou budoucnost v krátkém období pro články Tesla. Společnost zastaví výrobu 18 650 článků. Už na tom pracují pro příští Model 3 a Power Wall. Podle Elona Muska z Tesly budou levnější a s větší hustotou energie, největší na celém světě.



Tesla na tyto formáty baterií spoléhala, právě naopak, jak to dělají jiní tradiční výrobci. Záměrem kalifornské značky je snížit náklady s tímto typem článků. Není pochyb o tom, že již získali tu čest vést sektor 100% elektrických vozidel.

Technologie baterií Tesla bude pamatována jako klíčový technologický vývoj v historii, který zcela transformuje automobilový průmysl a že za pouhých 5 let od uvedení na trh počátečním výzkumem modelu S se prokázalo, že životnost a výkon baterie v reálném světě je velmi efektivní. A určitě budou i nadále překonávat očekávání.

Perspektiva této technologie spočívá v tom, že se baterie připraví na uložení obrovského množství energie v menším prostoru. Cílem je vyřešit podle zákazníků hlavní nepříjemnosti elektrických vozidel, tj. Autonomii a dobu nabíjení těchto vozidel.

Při současných pokrocích ve výzkumu článků, které ukazují, že jsou schopny uchovávat více energie po delší dobu, a díky možnostem otevřeným kondenzátory nebude dlouho trvat, než bychom mohli vidět auta se stejnou nebo lepší autonomií s vozidly se spalovacím motorem a s rychlejšími dobami nabíjení.

---

**POZNÁMKY:**



Názory prezentované v tomto dokumentu jsou názory projektového partnerství STEP AHEAD II a nemusí být v souladu s názory EU.