

# Baterie elektrických vozidel Tesla

Metodika pro učitele



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

## Baterie elektrických vozidel Tesla

Načasování této vzdělávací jednotky je 2 x 55 minut.

**Zaměření lekce:** Získat vědomosti o složení a funkci bateriových článků elektrických vozidel Tesla

Aktivita č.1

Část lekce: **EVOKACE**

**Zaměření aktivity:** Získat všeobecnou představu o bateriových článcích

Krok 1	Stručný popis aktivity	Obrázek se promítá na tabuli. Studenti jsou povinni to pozorně sledovat a odpovídat na otázku: Co má tento obrázek společné s Teslou?	
	Instrukce (co říci studentům)	Existuje něco, co spojuje obrázek s komponentem vozidel Tesla. Od žáků se vyžaduje, aby pozorně sledovali obraz a ve skupinách po třech zapisovali do svých zápisníků, které možné vztahy by mohli být správné.	
Krok 2	Stručný popis aktivity	Napiš seznam těch prvků, které podle tebe obsahuje baterie	
		Seznam prvků	Na co to je?

	Instrukce (co říci studentům)	Ve skupinách po třech uvažujte o tom, který typ prvků musí baterie obsahovat, aby mohla správně fungovat a jaká je jejich funkce . Stačí uvést několik všeobecných myšlenek.	
Pomůcky potřebné pro aktivitu (vše co je potřeba k vedení lekce)		Obrázek – Promítání na obrazovku v učebně	
Odhadovaný čas (max. 40 minut)		10 minut	
Poznámky		<p>Zdroje: obrázek z přístupného zdroje z Internetu</p> <p>Pokud budete používat metodu použitou v Kroku 1, „asociativní otázky“, otázka by mohla znít trochu neobvykle, aby přitáhla zájem studentů, s možností využití co nejvíce nápadů na zatraktivnění vzdělávacího procesu ... Při použití této metody je proces vytváření nápadů / možných odpovědí student mnohem důležitější než odpověď jako taková...Příklad asociační otázky: Co má společné lidské tělo, list rostliny a auto Tesla? Odpověď: Bez buňky – (v AJ „cell“ ) by nemohli existovat ...(na lekci představíte téma elektrických bateriových článků / Samozřejmě můžete použít různé jiné otázky...</p>	

Aktivita 2

Část lekce: **UVĚDOMĚNÍ**

**Zaměření aktivity:** Analyzovat text a extrahovat klíčové informace související s tématem, poznat nová fakta o bateriových člancích

Krok 1	Stručný popis aktivity	<p>Studenti po třech ve skupinách dostanou text.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Každá skupina studentů si přečte text, který dostala a snaží se mu porozumět:</li> </ul> <p>Skupina 1. Příloha 1: Bateriové články a způsob jejich fungování  Skupina 2. Příloha 2: Bateriové moduly. Jak fungují a jak jsou sestavené.  Skupina 3. Příloha 3: Akumulátory. Jak fungují a jak jsou sestavené.</p> <p>V textu by měli studenti zdůraznit hlavní myšlenky a údaje, které potom zapíšou do svého poznámkového bloku.</p>
	Instrukce (co říci studentům)	<p>Pozorně si přečtěte text, který jste dostali ve své skupině, a zdůrazněte, které informace považujete za nejvhodnější. Pokud potřebujete, můžete si udělat poznámky. Tyto informace budou užitečné pro další úlohu, kterou budete vykonávat.</p>
Krok 2	Stručný popis aktivity	<p>Každá skupina si vybere svého mluvčího, který informace vysvětlí ostatním studentům ve třídě.</p>
	Instrukce (co říci studentům)	<p>V každé skupině:</p> <p>Získejte hlavní představy o technické části textu, aby jste je jasně vysvětlili ostatním studentům ve třídě.</p> <p>Vyberte mluvčího, který vysvětlí všechny vaše myšlenky</p> <p>Napište krátký skript, který uspořádá nápady</p> <p>Mluvčí představí vaše informace ostatním v dalším kroku.</p>
Pomůcky potřebné pro aktivitu (vše co je potřeba k vedení lekce)		<p>Jedna kopie textu dodatku pro každého studenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- skupina 1. Příloha 1:</li> <li>- skupina 2. Příloha 2:</li> <li>- skupina 3. Příloha 3:</li> </ul> <p>Tabule, papír, pera - zvýrazňovače - připojení na internet.</p>

Odhadovaný čas (max. 40 minut)	45 minut
Poznámky	

### Aktivita 3

Část lekce: **REFLEXE**

**Zaměření aktivity:** Každá skupina učí ostatní vše, co se naučila během předcházejících aktivit

Krok 1	Stručný popis aktivity	Prezentace výsledků skupinové práce. Terminologie je na tabuli. Pokud je něco nejasné, můžete krátce diskutovat. Studenti dostanou jako domácí úlohu, aby si na internetu našli další informace.
	Instrukce (co říci studentům)	Máte 5 minut na konzultaci ve skupině, potom každá skupina vysvětlí zbytku třídy svoje hlavní myšlenky a koncepty, které jste se naučili. Cílem je naučit to ostatní studenty . Pokud bude něco nejasné, vysvětlíme si to na další hodině. Každá skupina má 10 minut na vysvětlení.
Pomůcky potřebné pro aktivitu (vše co je potřeba k vedení lekce)		Jedna kopie textu přílohy pro každého studenta: - skupina 1. Příloha 1: - skupina 2. Příloha 2: - skupina 3. Příloha 3: Tabule, papír, pera - zvýrazňovače - připojení na internet.
Odhadovaný čas (max. 40 minut)		35 minut

Poznámky	<p>Zdroje: Projekt Step Ahead.</p> <p>Můžete požádat studenty, aby připravili prezentaci kreativním způsobem (např. Prostřednictvím hraní rolí, kde každý student ve skupině vystupuje v jiné úloze a ukáže, jak součásti spolupracují jako celek, nebo vytvoří myšlenkovou mapu na flipchart a vysvětlí vztahy mezi komponenty atd.)</p>
----------	---

Aktivita 4

Část lekce: **REFLEXE**

**Zaměření aktivity:** Shrnutí a praktické využití získaných poznatků

Krok 1	Stručný popis aktivity	Zkontrolujte, zda studenti jasně zvládli vědomosti týkající se baterií vozidel Tesla a jejich funkci ve vozidle. Studenti si zapíší výstupy následujících položek: pozitivní, negativní a prognózy baterií hybridních vozidel Tesla.							
	Instrukce (co říci studentům)	<p>Každý student doplní následující tabulku:</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 30%;"></th> <th style="width: 20%;">POZITIVNÍ</th> <th style="width: 20%;">NEGATIVNÍ</th> <th style="width: 30%;">PROGNÓZY</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">TESLA baterie</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>		POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	PROGNÓZY	TESLA baterie		
	POZITIVNÍ	NEGATIVNÍ	PROGNÓZY						
TESLA baterie									
Krok 2	Stručný popis aktivity	Lift Pitch. Rozdělíme třídu do dvojic a každý pár studentů se bude navzájem přesvědčovat, aby si koupil TESLU.							

	Instrukce (co řící studentům)	Budete pracovat ve dvojicích. Jeden student je prodejce, druhý zákazník. Máte 30 sekund na to, aby jste přesvědčili svého partnera aby si koupil vozidlo Tesla. Po 30 sekundách si úlohy vymeňte. Čas přípravy argumentace je maximálně 3 minuty.
Krok 3	Stručný popis aktivity	Dodatečná možná aktivita na zamyšlení (rozšíření hodiny): Každý student poskytne učiteli nápady, jak propojit různé obrázky obsáhnuté v textu přílohy 2.
	Instrukce (co řící studentům)	Vyberte dva obrázky zobrazené učitelem, a vysvětlete pojmy, týkající se baterií Tesla, které jste se na hodině naučili
Pomůcky potřebné pro aktivitu (vše co je potřeba k vedení lekce)		Tabule, papír, pera, počítač, software, zvýrazňovače, připojení na internet.
Odhadovaný čas (max. 40 minut)		20 minut
Poznámky		Zdroje: Step ahead materiály Krok 3 reflexní části nemusí být bezpodmínečně udělaný na hodině. Může být vynechaný a hodina může zkončit krokem 2.

## PŘÍLOHA 1 - 3

### Baterie pro elektromobily Tesla



Tento obrázek je k dispozici pod licencí *Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0 Internacional*  
(Zdroj 15. 11. 2019 [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

## 1

### Tesla Baterie

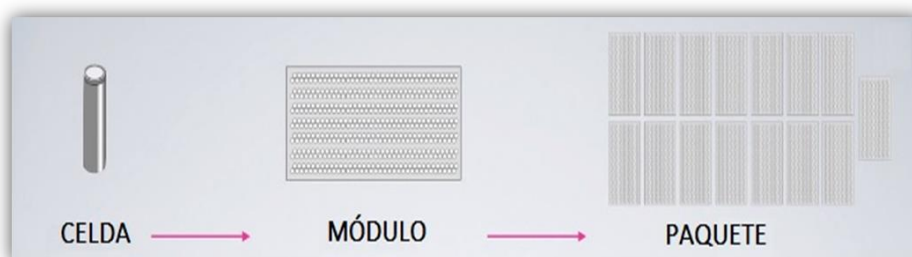
#### Úvod

Tesla je severoamerická společnost se sídlem v Silicon Valley (Kalifornie) pod vedením Elona Muska, který navrhuje, vyrábí a prodává elektrická vozidla.

Společnost Tesla byla založena za účelem urychlení přechodu k udržitelné dopravě s cílem bojovat proti globálnímu oteplování a omezit úmrtí způsobená znečištěním.

Jádro společnosti se zaměřuje na konstrukci pohonných systémů elektrických vozidel, která zahrnuje: baterie, motor, výkonovou elektroniku a řídicí software.

V této výukové jednotce se zaměříme na baterii a seznámíme se se třemi částmi, ze kterých se skládá. Prozkoumáme chemii a formát buněk. Podíváme se také na model balíčku modulů a jejich design. Na závěr se zaměříme na to, jak jsou tyto sady baterií sestaveny.





---

Tesla tvrdí, že mají baterii s nejvyšší hustotou energie na trhu, ale také nejnižšími náklady na kilowatt/hodinu (od nynějška, kwh).

Abychom otestovali, do jaké míry je to pravda, vysvětlíme různé části baterie Tesla, její vlastnosti a fungování.

## Články

Pro začátek si povíme něco o článcích, které jsou hlavní součástí těchto baterií.

## Typy

Články lze nalézt ve třech různých formátech: válcové, prizmatické a kazetové články.



*Cylindrical cells. Tesla Model S*

## Cylindrické články

Tyto články jsou vyrobeny navinutím materiálů elektrod a jejich vložením na hliníkovou válcovou kapsli.

Válcové články jsou ve srovnání s těmi hranolovými nebo kazetovými články nejlevnější, protože je lze vyrábět ve velkém množství ve standardních velikostech.

Protože existuje několik společností vyrábějících tento typ článků standardní velikosti od prvního okamžiku komerční aplikace lithium-iontových baterií (v roce 1991 společností Sony), byl výrobní proces a vnitřní design těchto článků vysoce optimalizován. Tato výrazně vylepšená konstrukce redukuje neaktivní součásti, tj. Ty, které nekombinují skladování energie přímo se zmenšením prostoru, který se k jejímu uložení nepoužívá. Proto mají válcové články obvykle nejvyšší objemovou hustotu výkonu.

Přesto není vše pozitivní, protože tyto články je velmi obtížné chladit a tento problém znamená snížení účinnosti a zkrácení životnosti článku. Kromě toho mají válcové články další nepříjemnost, což je, geometricky řečeno, válcové články nejsou ideálně zabaleny do bateriových modulů s kvádrovými tvary.

## Prizmatické články

---

Mohou být prezentovány s několika nastaveními. Automobilové prizmatické články mají kvádrové tvary, aby lépe zapadly do modulu.



*94Ah and 37Ah Samsung prismatic cells*

Interně mají množství vinutí podobných těm z válcových článků, které jsou poté stlačeny, aby odpovídaly vnitřnímu objemu článku. Prizmatické články mohou pro svého výrobce představovat určitou konstrukční složitost, ale usnadňují montážnímu personálu, protože se snadno přizpůsobují modulům, a díky své geometrii, ať už vnitřní nebo vnější, která pomáhá přenosu tepla, se relativně snadno chladí. Výrobci jako BMW je montují do vysoce automatizovaných baterií v modelech jako i3.

Přestože terminály článků větší velikosti pomáhají snižovat odpor a umožňují větší přenos tepla, oba přidávají obsah vlhkosti, což současně snižuje hustotu energie v článcích. Navíc, když stlačujeme válce kolem dvou elektrod, není komprese ve všech bodech stejná. To znamená určité problémy se životností po opakovaných cyklech nabíjení a vybíjení.

Prizmatické články mají také tendenci nabízet vysokou kapacitu pro udržení neaktivního materiálu na minimum. Proto BMW i3 od roku 2016 používá 94Ah hranolové články nebo Volkswagen e-Golf od roku 2017 montuje 37Ah prizmatické články. Tyto údaje vyniknou, pokud je porovnáme s prizmatickými články 3,4 Ah, které používá Tesla. Celá tato situace omezuje konečnou kapacitu výrobců nabízet baterie v různých velikostech.

### **Kazetové články**

Tyto články používají skládané elektrody a separátory, které jsou poté vloženy do polymerové fólie.

*Kazetové články*



# FORMATO DE LAS CELDAS

## Cilíndricas



- ✓ Opción de menor coste
- ✓ Proceso de fabricación altamente optimizado
- ✓ Máximo nivel de eficiencia
- ✗ Difícil de refrigerar
- ✗ Eficiencia de empaquetado en módulos

### Usadas por:

Tesla, Lucid, Faraday

## Prismáticas



- ✓ Proceso de fabricación simple y de menor costo
- ✓ Fácil de refrigerar
- ✗ Densidad de energía pobre
- ✗ Retos en el ciclo de vida
- ✗ Tamaños limitados y con poca flexibilidad

### Usadas por:

BMW, Volkswagen

## Cartucho



- ✓ Mayor flexibilidad de diseño
- ✓ Mayor flexibilidad en la capacidad
- ✓ Amplia selección de proveedores
- ✗ Pobre contención mecánica
- ✗ Buen control de compresión requerido

### Usadas por:

Chevrolet, Nissan, Renault

Kazetové články nabízejí maximální flexibilitu ve svém designu, protože je lze obvykle škálovat na různé velikosti a výrobce může snadno upravit jejich kapacitu přidáním nebo odebráním vrstev. Významný počet výrobců baterií nabízí tento typ článků, protože jejich gravimetrická hustota energie je ve srovnání s válcovými články velmi konkurenceschopná. Gravimetrická energie je množství energie uložené v baterii na kilo. To znamená, že čím vyšší je tato hodnota, tím vyšší kapacitu, autonomii a sílu získáme. Lze také říci, že v baterii se stejnou kapacitou získáme nižší hmotnost a to je také velmi důležité.

Hlavní nevýhodou tohoto typu je, že jsou mnohem složitější, aby byly integrovány do modulů. Jejich proces chlazení také vyžaduje velmi pečlivou kontrolu.

## Jaký typ článků Tesla používá?



Tesla Model S.

**Tesla** používá válcové články a otázkou je, proč se rozhodli je sestavit do bloku baterií modelu S? Odpověď je snadná. Cylindrické články nabízely větší hustotu energie na buňku. Je třeba také zdůraznit, že v té době byly válcové články vyráběny ve velkém množství pro přenosnou elektroniku. To znamenalo, že tyto buňky měly nižší cenu za kwh, což znamenalo snížení počáteční kapitálové investice, což je něco zásadního pro novou společnost s omezeným dostupným kapitálem. Vzhledem k tomu, že náklady na tyto články jsou ze všech tří formátů stále nejnižší, stále se používají v nových modelech Tesla, jako je Model 3 nebo dokonce dnes v megatovárně. Před uvedením modelu S na trh byly použity velké akumulátory k výrobě obrovského množství energie. Byly však velmi drahé a potřebovaly elektromobily, aby byly pro většinu zákazníků dostupnější. K výrobě baterie rozšiřitelné na více kapacit je nutné mít články s malou kapacitou a zapojit velké množství těchto článků zapojených paralelně.

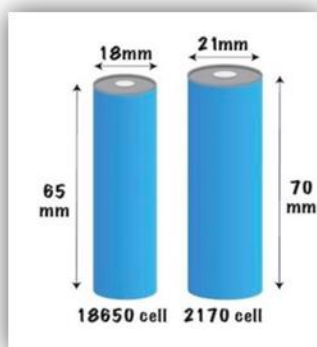


*BMW i3 with 94 Ah prizmatické články*

Uvažujme například o BMW i3. Toto auto používá velmi velké prizmatické články od Samsungu, všechny zapojené do série k sestavení 33kwh baterie. Chcete-li nabídnout 45 kWh, není možné jednoduše přidat články do série, protože by se změnilo napětí. Proto by měl být změněn také systém správy baterie (BMS) a střídač. Pokud však přidáme řetězec článků zapojených paralelně, zdvojnásobíme počet článků, což bude mít za následek zvýšení kapacity balení na 66 kWh, i když to nebude možné vejít do podvozku automobilu.

Když použijeme články s malou kapacitou a změníme počet paralelně zapojených článků, Tesla získá větší flexibilitu: 100kwh baterie obsahuje 96 článků zapojených do série a 86 paralelně, 75kwh baterie má 86 článků zapojených do série a 63 paralelně.

Mezi válcovými články používanými společnostmi Tesla existují dva typy: typ 18 650, používaný v modelech jako Model S a Model X; a model 21 700, použitý v modelu 3. Oba typy vyrábí společnost Panasonic.



*Články 18 650 a 21 700.*

18 650 články mají tento název, protože jejich průměr je 18 mm a jsou 65 mm dlouhé. Stejným způsobem mají články 21 700 průměr 21 mm a délku 70 mm. Tato dodatečná délka, kromě většího průměru, nabízí nárůst o 33% aktivního materiálu pro ukládání energie v buňce.

18 650 má kapacitu 3,4 Ah nebo 12,4 Wh a jmenovité napětí 3,66 V. Odpor se mění se stavem nabití baterie a její teplotou, i když obecně je vyšší než 30 mΩ.

Buňka o objemu 16 ml a hmotnosti 49 g dosáhne působivé energetické hustoty 254 Wh na kg nebo 755 Wh por L.



*NCA složení článků*

Pokud se podíváme dovnitř 18 6500 článků, můžeme pozorovat různé vrstvy baterie, která má katodu složenou z 80% niklu (Ni), 15% kobaltu (Co), přibližně 4% hliníku (Al) a méně než 1% lithia (Li). Na druhou stranu anodová kompozice obsahuje grafit, i když existuje tendence jej nahrazovat křemíkem. Elektrolyt je roztok Li a zbytek součástí je Al a měď (od této chvíle Cu).

Jak anoda, tak katoda jsou dva svinuté listy určené k zabírání co nejkratšího objemu. Tesla tomu říká Jelly Roll.

Na kladné koncové straně je směs vyrobená z uhlíkových vláken, která drží Jelly Roll umístěný. Skutečnost, že je vyrobena z uhlíkových vláken, má v malém poměru snížit hmotnost článku. Když uvažujeme o velkém počtu článků, jak nacházíme v kompletním bateriovém bloku, je ztráta hmotnosti důležitá pro zlepšení hustoty energie baterie.

Kladný terminál má také tři ventilační otvory, které pomáhají uvolnit tlak při změně nadmořské výšky nebo při vnitřní chybě v cele. Má také O kroužek, který zajišťuje utěsnění.

Pokud bychom rozmotali Jelly Roll, mohli bychom pozorovat dříve zmíněné anodové a katodové listy oddělené dalším plastovým pláštěm, který mezi nimi sloužil jako izolant. Jejich míry jsou přibližně 1 m dlouhé a 60 mm široké.

Měli bychom zdůraznit, že Li je ten, který obsahuje potenciál baterií, ale také nastává problém, protože je vysoce hořlavý. K vyřešení tohoto problému někteří výrobci používají mezi vrstvami zpomalovač hoření. To způsobuje další nepříjemnosti, protože zvyšuje aktivní materiál v buňce, přesně opačný efekt Tesla hledá společně s Panasonicem, protože svůj výzkum zaměřují na výrobu těchto tenkých plechů, jak jen to jde, přičemž si uchovávají schopnost ukládat energii s materiály, jako je grafit.

---

Abychom udrželi krok s chemií uvnitř buňky, měli bychom zmínit, že hlavní výrobci dnes používají katody z oxidu kobaltu a niklmanganu nebo NMC

Tesla však používá články  $\text{LiNi}_x\text{Co}_x\text{Al}_x\text{O}_2$ , jak jsme již dříve řekli, nazývané také NCA. Ty jsou podobné buňkám NMC, ale místo manganu používají ke stabilizaci krystalické struktury oxidu Li Al. Články NCA mají větší energetickou kapacitu, ale při nižší teplotě způsobí tepelný odpad. Proto jsou považovány za vhodné pro malé články 6A jako maximální výkon. To vysvětluje, proč vozidla jako Nissan Leaf, Renault Zoe nebo BMW i3 používají NMC.

Jak jsme již dříve zmínili, anoda téměř u lithium-iontových baterií je vyrobena z grafitu, ale jsou ochotni ji změnit na Si kvůli své větší skladovací kapacitě.

V každé nové generaci buněk Tesla zvýšila množství Si v anodě, což zajišťuje, že 21 700 článků pro Model 3 bude mít větší množství Si než současných 18 650.

## 2

### Moduly

Tesla články 18 650 jsou lithium-iontové baterie. Moduly samy o sobě jsou z různých velikostí, protože jejich konfigurace v paralelních změnách pro různé kapacity baterií, které jsou k dispozici. Akumulátory první generace Tesla, které najdeme u baterií 85 a 90 kWh, měly 15 modulů. Balíčky druhé generace představené s faceliftem modelu S mají 16 modulů.

Co je tedy bateriový modul a k čemu se používá? Proč nejsou články přímo umístěny do bloku baterií?

Jedním z hlavních důvodů je vyrobitelnost. V sadě baterií Tesla 100 kWh je více než 8 000 článků, což znamená, že existuje přibližně 16 000 připojení elektrických článků, které jsou rozděleny přibližně na 1 000 na modul, což je konečně zvládnutelnější úkol.

Dalším klíčovým důvodem pro použití modulů je bezpečnost při jejich výrobě. 85kWh modul Tesla pack má konfiguraci 6s 74P, což znamená, že má 6 skupin zapojených do série a 74 článků zapojených paralelně na modul. Celkově by to bylo 444 buněk na modul. To produkuje napětí přibližně 23,4V.

Podle pravidla IEC 60038 bude každé zařízení s nepřetržitým proudem pod 120 voltů (od nynějška stejnosměrným proudem) považováno za způsobující úraz elektrickým proudem s nízkým rizikem přes suchou pokožku osoby.

Dalším důvodem pro použití modulů je, že fungují jako brány firewall. V případě poruchy jedné z buněk nebo v případě autonehody, pokud se zapálí pouze jedna buňka, je počet buněk vystavených ohni nižší a v důsledku toho se sníží závažnost požáru.

Navíc, z hlediska schopnosti služby, pokud je z jakéhokoli důvodu chyba v jedné buňce, je lepší vyměnit modul místo kompletní sady baterií.

V současné době jsou na trhu tři bateriové moduly Tesla.

- 1) Nejrozšířenější a nejznámější model, který je sestaven v modelu S a modelu X. Tento byl v průběhu let aktualizován a vyvíjen.
- 2) Modul Tesla se montuje do svých Power Packů (baterií pro průmyslové zásobování energií), což byl začátek přechodu mezi 18 650 články a 21 700 články. Kromě toho toto využívá chladič systém v základně každého modulu namísto chlazení pomocí potrubí mezi články, což snižuje náklady a složitost.
- 3) Modul Tesla Model 3. O tomto modulu není mnoho informací, víme jen, že je delší než moduly používané v Modelu S a Modelu X. Používá 21 700 buněk stejně jako Power Pack. Má propracovaný systém řízení teploty a spojují kladný a záporný pól na stejné straně buňky místo použití opačných stran.

Dále se zaměříme na moduly Model S a Model X.



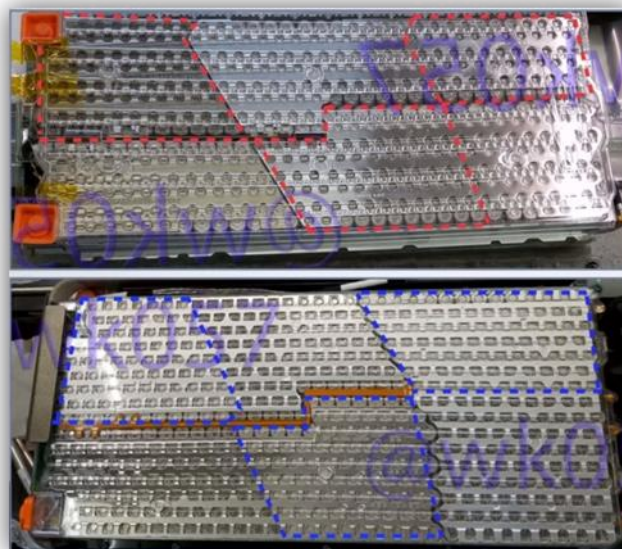
*Image Source (15 November 2019):*

[http://skie.net/skynet/projects/tesla/view\\_post/20\\_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack](http://skie.net/skynet/projects/tesla/view_post/20_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack)

Tento obrázek představuje pohled shora a zespodu na modul akumulátoru 100 kWh, který patří modelu S 100D.

V horním pohledu můžeme ocenit, že je rozdělen na čtyři segmenty. Mezitím v pohledu zdola můžeme pozorovat pouze rozdělení na tři segmenty.

Každý segment modulu spojuje paralelně 86 terminálů z pozitivních buněk s 86 terminály záporných buněk. Zahrnoval sériové spojení mezi nimi, s výjimkou segmentů spojujících oranžové svorky, které lze pozorovat v horní části obrazu.



*Image Source (15 November 2019):*

[http://skie.net/skynet/projects/tesla/view\\_post/20\\_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack](http://skie.net/skynet/projects/tesla/view_post/20_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack)

V horním pohledu červené segmenty ukazují, kde jsou vytvořena spojení s kladným pólem. Ve spodním pohledu můžeme vidět umístění záporných svorek modře. Sousední segmenty mají opačnou polaritu.



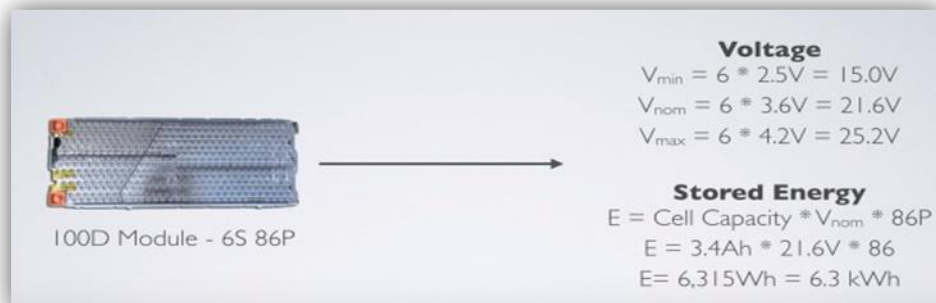
*Cells Electrical connection to Bus Bar.*

Tesla použil drátové připojení k elektrickému připojení článků k sběrnici. Ačkoli tato metoda zvyšuje odpor, což snižuje provozní účinnost a zvyšuje teplo, má řadu výhod. Během procesu připojení se v článku nevytváří žádné významné teplo, připojení pomocí drátu funguje také jako pojistka, a pokud má spojení z jakéhokoli důvodu poruchu, není příliš pravděpodobné, že je článek poškozen, což snižuje počet buněk promrhaných při výrobě.

Modul 100 kWh má 516 článků, takže vyžaduje připojení 1,032 drátů. Pokud by byl tento proces účinný z 99,9%, byla by možná chyba na modul, což znamená, že klíčem je výrobní kapacita.



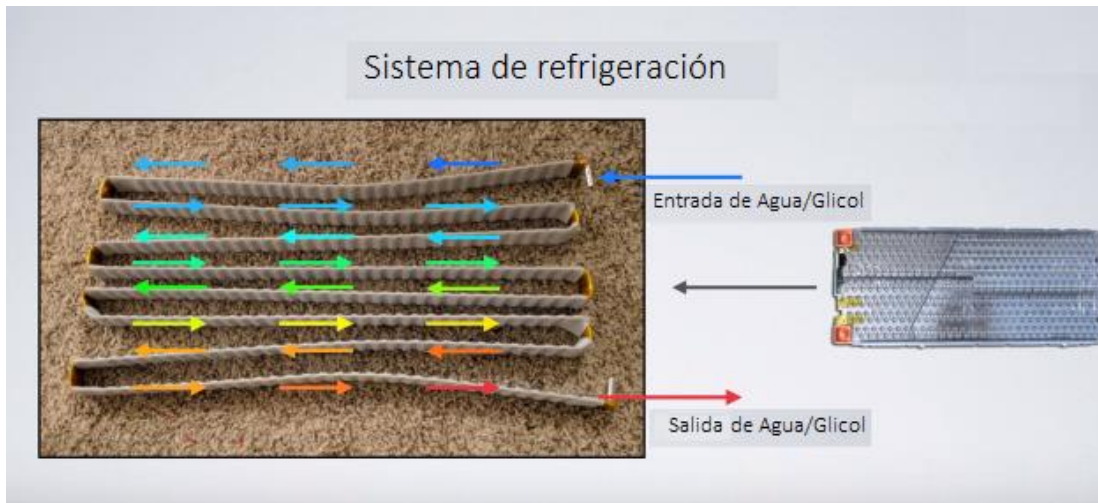
Napětí lze vypočítat vynásobením minimálního napětí, každého nominálního a maximálního článku počtem článků zapojených do série. Tento modul o výkonu 100 kWh je 6 s 86 P s minimálním napětím 2,5 V, jmenovitým napětím 3,6 V a maximálním napětím 4,2 V. Uznávajíc to, víme, že tento modul má jmenovité napětí 21,6 V .



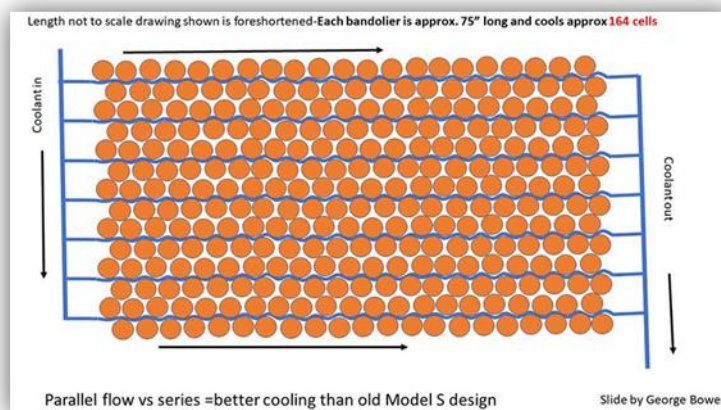
Pro výpočet uložené energie v modulu vynásobíme kapacitu článku nominálním napětím tohoto modulu a počtem článků zapojených paralelně. Články Tesla mají kapacitu 3,4A, jmenovité napětí pro tento modul je 21,6 V a protože je to 6s 86P, máme 86 článků zapojených paralelně, takže můžeme říci, že tento modul ukládá 6,3 kWh energie.

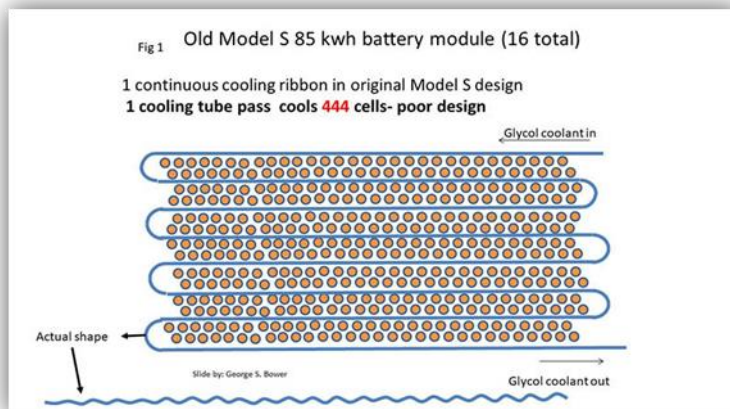


Na obrázku můžeme pozorovat chladicí potrubí uvnitř modulu. Tento systém řízení teploty se skládá z kovové trubky, ploché na většině povrchu a rovné, procházející modulem podle cik-cak vzorů. Tato trubka je pokryta tepelně izolačním materiálem šedé barvy, který zajišťuje elektrickou izolaci mezi chladicím systémem a články baterie. Současně to způsobuje určitou úroveň přenosu tepla.



Jak vidíme na ohybu potrubí, dochází k propojení mezi buňkami a sebou samým. Oranžová páska, kterou můžeme na obrázku pozorovat, je v USA takzvaná Captain Tape a poskytuje dodatečnou elektrickou izolaci. Roztok vody a glykolu se zavádí otvorem, který prochází přes chladicí trubku, aby byl vypuštěn na konci modulu. Toto je chladicí systém používaný v modelu S a v modelu X, ačkoli Tesla udělala pro model 3 velký pokrok. Tesle se podařilo téměř zdvojnásobit chladicí kapacitu systému Thermal Management System (TMS) pomocí nové konstrukce potrubí, která snižuje počet článků na každé chladicí potrubí, přidává jich více paralelně a zdvojnásobuje objem chladicí kapaliny.

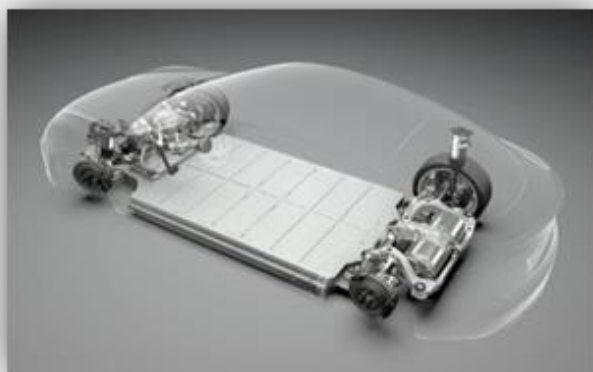




*Tesla Model 3.TMS*

3

## Baterie



*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, přípojnic, chladičů 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 vysokonapětovými přípojnici, kromě tepelného připojení pomocí chladičského 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 (Vca). Tento rozdíl je také známý jako delta napětí (Vδ).

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

$V_{\delta}$  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 (Rec), který spojuje články se sběrnici, 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.

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

$$\text{Řada R} = 30 \text{ m}\Omega + (2 * 1 \text{ m}\Omega) / 86 = 0,372 \text{ m}\Omega$$

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

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

$$\text{Modul R} = (0,372 \text{ m}\Omega + (0,1 \text{ m}\Omega / 2)) * 6 = 2,53 \text{ m}\Omega$$

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)

$$RT = (\text{modul R} * Ms) + (\text{přípojnice R de HV} * (Ms - 1)) + R_{ct} + R_{fus} + R_{sh} + R_{CHV}$$

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 příčníky 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.

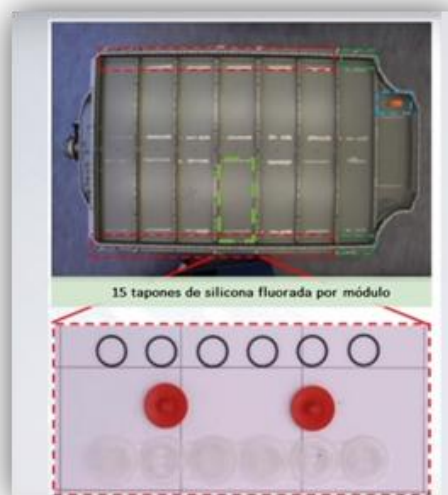
*Propýchnutý článek*





Článek vystavený vysoké teplotě

Podívejme se, jak tato strategie probíhá:



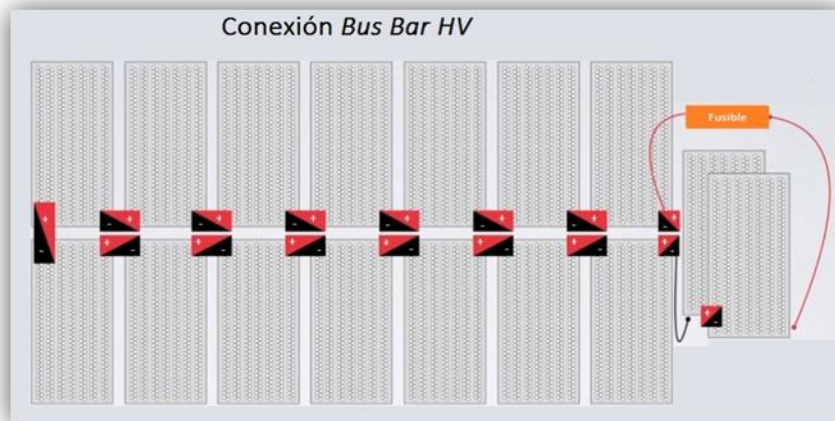
*Fyzické oddělení mezi moduly (horní část) a zátkami z fluorovaného křemíku (spodní část).*

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.

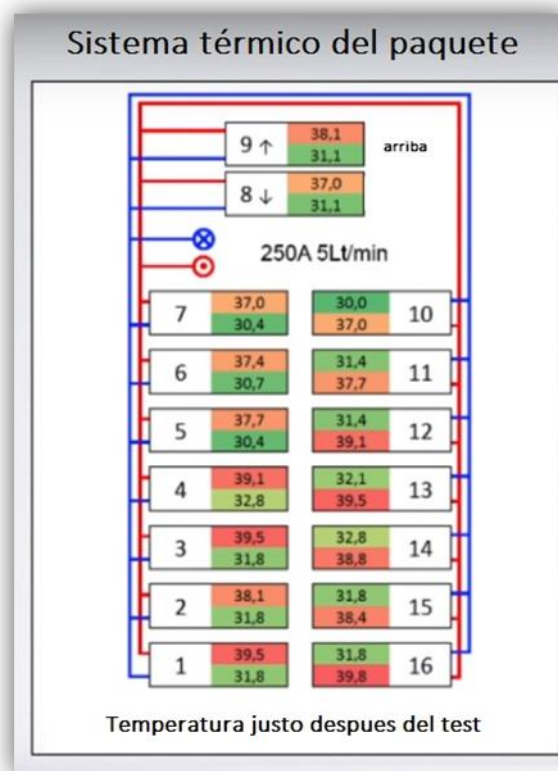
Na závěr se budeme zabývat jeho chladičím systémem.



Výsledky různých testů provedených společností AVL ukazují, že baterie 100 kWh poskytuje dobré informace o chladičím systému. Test sestával z opakovaných cyklů nabíjení a vybíjení 250 A, dokud nebylo dosaženo stabilní teploty. Test začal při 20 ° C s průtokem chladičící kapaliny 5 l/m.

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



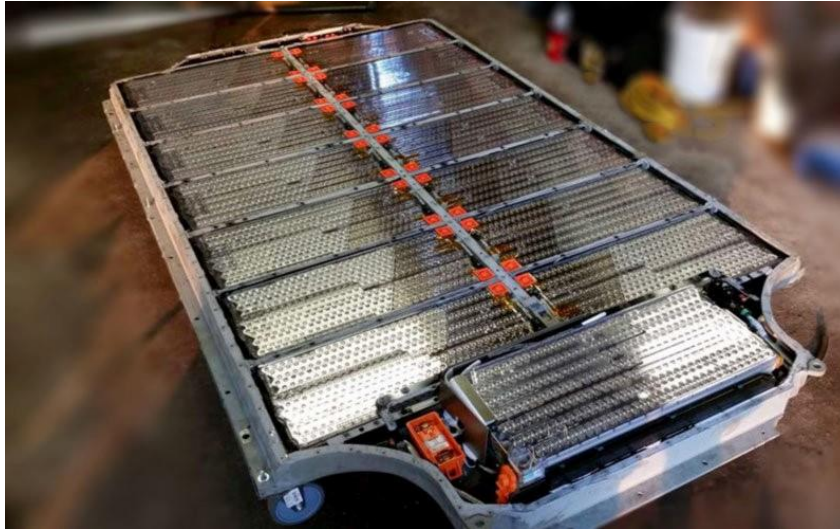


Chladicí kapalina je od samého začátku rozdělena tak, aby poskytovala servis 16 modulů paralelně. Horká strana v každém modulu je připojena paralelně k horkému výstupu baterie. Každý modul má dva přehledy NTC, které mohou měřit teplotu chladicí kapaliny při vstupu do okruhu a při výstupu z něj. Je důležité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