

Batérie elektrických vozidiel Tesla

Metodika pre učiteľa



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

Batérie elektrických vozidiel Tesla

Cieľ lekcie:

Získať vedomosti o zložení a funkcii batériových článkov elektrických vozidiel.

Sekcia 1

Dôležité: Načasovanie tejto vzdelávacej jednotky je 2 x 55 minút.

Aktivita č. 1

Časť lekcie: **EVOKÁCIA**

Cieľ aktivity: Získať všeobecnú predstavu o batériových článkoch.

Krok 1	Stručný popis aktivity	Obrázok sa premieta na tabuľu. Študenti sú povinní to pozorne sledovať a odpovedať na otázku: Čo má tento obraz spoločné s Teslou?	
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Existuje niečo, čo spája obrázok s komponentom vozidiel Tesla. Od žiakov sa vyžaduje, aby pozorne sledovali obraz a v skupinách po troch zapisovali do svojich zápisníkov, ktoré možné vzťahy by mohli byť správne.	
Krok 2	Stručný popis aktivity	Napiš zoznam tých prvkov, ktoré podľa teba obsahuje batéria.	
		Zoznam prvkov	Na čo to je?
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	V skupinách po troch uvažujte tom, ktorý typ prvkov musí batéria obsahovať aby mohla správne fungovať a aká je ich funkcia. Stačí uviesť niekoľko všeobecných myšlienok.	
Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete)		Obrázok - Premietanie na obrazovke v triede.	

vziať do triedy)	
Odhadovaný čas (max. 40 minút)	10 minút
Poznámky	<p>Zdroje: obrázok z prístupného zdroja z Internetu</p> <p>* Ak budete používať metódu použitú v Kroku 1, „asociatívne otázky“, otázka by mohla znieť trochu nezvyčajne, aby pritiahla záujem študentov, s možnosťou využitia čo najviac nápadov na zatriktívnenie vzdelávacieho procesu ... Pri použití tejto metódy je proces vytvárania nápadov / možných odpovedí študentov oveľa dôležitejší ako odpoveď ako taká ... Príklad asociačnej otázky: Čo má spoločné ľudské telo, list rastliny a auto Tesla? Odpoveď: Bez bunky by nemohli existovať ... (na lekcii predstavíte tému elektrických batériových článkov / Samozrejme môžete použiť rôzne iné otázky...</p>

Sekcia 1

Aktivita č. 2

Časť lekcie: HODNOTENIE

Cieľ aktivity: Analyzovať text a extrahovať kľúčové informácie súvisiace s témou, spoznať nové fakty o batériových článkoch.

Krok 1	Stručný popis aktivity	<p>Študenti po troch v skupinách dostanú text.</p> <p>Každá skupina študentov si prečíta text, ktorý dostala a snaží sa mu porozumieť:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Skupina 1. Dodatok 1: Batériové články a spôsob ich fungovania ➤ Skupina 2. Dodatok 2: Batériové moduly. Ako fungujú a ako sú zostavené. ➤ Skupina 3. Dodatok 3: Akumulátory. Ako fungujú a ako sú zostavené <p>V texte by mali študenti zdôrazniť hlavné myšlienky a údaje, ktoré potom zapíšu do svojho poznámkového bloku.</p>
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	<p>Pozorne si prečítajte text, ktorý ste dostali vo svojej skupine, a zdôraznite, ktoré informácie považujete za najvhodnejšie. Ak potrebujete, môžete si urobiť poznámky. Tieto informácie budú užitočné pre ďalšiu úlohu, ktorú budete vykonávať.</p>

Krok 2	Stručný popis aktivity	Každá skupina si vyberie svojho hovorcu, ktorý informácie vysvetlí ostatným študentom v triede.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	<p>V každej skupine:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Získajte hlavné predstavy o technickej časti textu, aby ste ju jasne vysvetlili ostatným študentom v triede. • Vyberte hovorcu, ktorý vysvetlí všetky vaše myšlienky. • Napíšte krátky skript, ktorý usporiada nápady. • Hovorca predstaví vase informácie ostatným triede v ďalšom kroku.
Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete vziať do triedy)		<p>Jedna kópia textu dodatku pre každého študenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • skupina 1. Dodatok 1: • skupina 2. dodatok 2: • skupina 3. dodatok 3: <p>Tabuľa, papier, perá - ceruzky - zvýrazňovače - pripojenie na internet.</p>
Odhadovaný čas (max. 40 minút)		45 minút

Sekcia 2

Aktivita č. 1

Časť lekcie: **HODNOTENIE**

Cieľ aktivity: Každá skupina učí ostatných všetko, čo sa naučila počas predchádzajúcich aktivít.

Krok 1	Stručný popis aktivity	Prezentácia výsledkov skupinovej práce. Terminológia je na tabuli. Ak je niečo nejasné, možno o tom krátko diskutovať. Študenti dostanú ako domácu úlohu, aby si na internete našli ďalšie informácie.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Máte 5 minút na konzultáciu v skupine, potom každá skupina vysvetlí zvyšku triedy svoje hlavné myšlienky a koncepty, ktoré ste sa naučili. Cieľom je naučiť to ostatných študentov. Ak bude niečo nejasné, vysvetlíme si to na ďalšej hodine. Každá skupina má 10 minút na vysvetlenie.

<p>Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete vziať do triedy)</p>	<p>Jedna kópia textu dodatku pre každého študenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> • skupina 1. Dodatok 1: • skupina 2. Dodatok 2: • skupina 3. Dodatok 3: <p>Tabuľa, papiere, perá - ceruzky - zvýrazňovače - pripojenie na internet.</p>
<p>Odhadovaný čas (max. 40 minút)</p>	<p>35 minút</p>
<p>Poznámky</p>	<p>Zdroje: Projekt Step Ahead.</p> <p>Môžete požiadať študentov, aby pripravili prezentácie kreatívnym spôsobom (napr. Prostredníctvom hrania rolí, kde každý študent v skupine vystupuje v inej úlohe a ukáže, ako súčasti spolupracujú ako celok, ALEBO vytvoria myšlienkovú mapu na flip papieri a vysvetlia vzťahy medzi komponenty atď.)</p>

Sekcia 2

Aktivita č. 2

Časť lekcie: **REFLEXIA**

Cieľ aktivity: Zhrnutie a praktické využitie získaných poznatkov.

<p>Krok 1</p>	<p>Stručný popis aktivity</p>	<p>Skontrolujte, či študenti jasne zvládli vedomosti týkajúce sa batérií Tesla vozidiel a ich funkcie vo vozidle. Študenti si zapisujú výstupy nasledujúcich položiek: pozitívne, negatívne a prognózy batérií hybridných vozidiel Tesla.</p>										
	<p>Inštrukcie (čo povedať študentom)</p>	<p>Každý študent doplní nasledujúcu tabuľku:</p> <table border="1" data-bbox="504 1709 1439 1910"> <thead> <tr> <th data-bbox="504 1709 743 1778"></th> <th data-bbox="743 1709 978 1778">POZITÍVNE</th> <th data-bbox="978 1709 1214 1778">NEGATÍVNE</th> <th data-bbox="1214 1709 1439 1778">PROGNÓZY</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="504 1778 743 1910">TESLA batéria</td> <td data-bbox="743 1778 978 1910"></td> <td data-bbox="978 1778 1214 1910"></td> <td data-bbox="1214 1778 1439 1910"></td> </tr> </tbody> </table>					POZITÍVNE	NEGATÍVNE	PROGNÓZY	TESLA batéria		
	POZITÍVNE	NEGATÍVNE	PROGNÓZY									
TESLA batéria												
<p>Krok 2</p>	<p>Stručný popis aktivity</p>	<p>Lift Pitch. Rozdelíme triedu do dvojíc a každý pár študentov sa bude navzájom presvedčať aby si kúpili Tesla Car.</p>										

	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Budete pracovať v dvojiciach. Jeden študent je predajca, druhý zákazník. Máte 30 sekúnd na to, aby ste presvedčili svojho partnera aby si kúpil vozidlo Tesla. Po 30 sekundách si úlohy vymeňte. Čas prípravy argumentácie je maximálne 3 minúty.
Krok 3	Stručný popis aktivity	Dodatočná možná aktivita na zamyslenie (rozšírenie hodiny): Každý študent v triede poskytne učiteľovi nápady, ako prepojiť rôzne obrázky obsiahnuté v texte z prílohy 2.
	Inštrukcie (čo povedať študentom)	Vyberte dva obrázky zobrazené učiteľom, a vysvetlite pojmy, týkajúce batérií Tesla, ktoré ste san a hodine naučili.
Pomôcky pre aktivitu (všetko, čo potrebujete vziať do triedy)		Akýkoľvek prezentačný program – powerpoint, prezi, atď., počítač a projektor
Odhadovaný čas (max. 40 minút)		20 minút
Poznámky		Zdroje: Projekt Step Ahead Krok 3 reflexnej časti nemusí byť nevyhnutne vykonaný na hodine. Môže byť vynechaný a hodina môže skončiť krokom 2.

Elektromobily Tesla



Obrázok je dostupný len pod licenciou [Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)
(Zdroj 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))

Tesla batérie

Moduly

V jednej batérii je uložených 18 650 Tesla ión-lítiových článkov. Moduly samotné majú rôznu veľkosť, keďže ich paralelné rozloženie sa mení pri rôznej kapacite zoskupení batérií¹, ktoré sú dostupné.

Prvá generácia Tesla batérií, ako tie, ktoré nájdeme v 85 a 90 kWh batériách, mala 15 modulov. Druhá generácia batérií, ktorá bola uvedená na trh s modelom S facelift má 16 modulov.

Vyvstávajú otázky: Čo je to modul batérie a na čo sa používa? Prečo sa články nevkladajú priamo do batérií¹?

Jedným z hlavných dôvodov je schopnosť výroby. V Tesla batériách o 100 kWh sa nachádza 8 000 článkov, to znamená, že sa tu nachádza približne 16 000 elektrických prepojení ktoré sú prerozdelené do zhruba 1000 prepojení na jeden modul. A to už nie je taká náročná úloha.

Ďalší kľúčový dôvod na použitie modulov je dodržanie bezpečnosti pri ich výrobe. Modul Tesla 85 kWh má konfiguráciu 6s 74P, čo znamená, že (modul) má 6 skupín prepojených v sérii a 74 článkov paralelne prepojených v module. To činí celkom 444 článkov v jedno module, ktoré produkujú napätie cca 23,4 V.

Podľa normy IEC 60038, akékoľvek zariadenie s jednosmerným prúdom 120 voltov (odteraz v jednosmernom prúde), spôsobuje nízke riziko elektrického šoku cez suchú pokožku osoby.

Ďalší dôvod používania modulov je ich funkcia protipožiarnej steny. V prípade, že sa niektorý článok pokazí alebo dôjde k autonehode, ak sa vznieti len jeden článok, počet článkov vystavených ohňu je vďaka tejto funkcii nižší, a teda aj závažnosť ohňa, ktorý vznikne, je menšia.

Navyše, z hľadiska servisnej výmeny, ak v nejakom článku dôjde ku chybe, je vhodnejšie vymeniť modul ako celú batériu.

Dnes máme na trhu tri moduly Tesla batérií:

1 - Najrozšírenejší a najznámejší skonštruovaný model sú *Model S* a *Model X*. Tieto modely sa v priebehu rokov updatovali a vyvíjali.

2 - Modul Tesla montuje do svojich Power Packov (batérie pre priemyselné dodávky energie), čo predznamenal prechod z 18 650 článkov na 21 700 článkov. Okrem toho sa používa chladiaci systém v spodnej časti každého modulu namiesto chladenia pomocou rúr medzi článkami, čo znižuje aj náklady a zložitosť (prepojenia).

3 - Modul Tesly Model 3. Zatiaľ nemáme veľa informácií o tomto module. Vieme len toľko, že je dlhší ako tie predošlé moduly používané v *Modeli S* a *Model X*. Využíva 21 700 článkov, rovnako ako Power Pack. Má zdokonalený systém riadenia teploty a pripája sa k pozitívnemu a negatívnemu pólu na tej iste strane batérie namiesto opačných strán batérie.

Ďalej sa budeme zameriavať na moduly Model S a Model X.



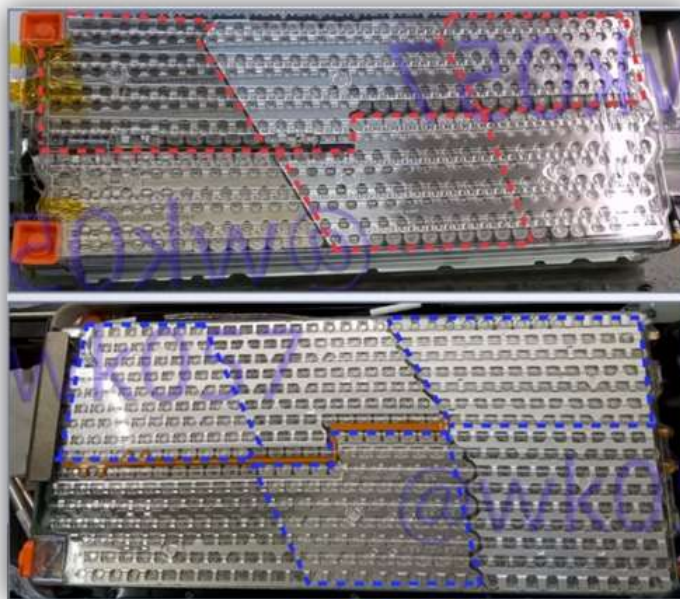
Zdroj obrázku (15. november 2019):

http://skie.net/skynet/projects/tesla/view_post/20_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack

Na vyššie uvedenom obrázku je pohľad zhora a zdola na modul 100 kWh batérie z Model S 100D.

Pri pohľade zhora si všimneme, že modul je rozdelený na štyri časti, zatiaľ čo pri pohľade zdola vidíme rozdelenie len na tri časti.

Každá časť modulu prepája 86 pólov kladne nabitých článkov batérií zapojených paralelne s 86 pólmi negatívnych článkov, takisto radených paralelne. Moduly sú sériovo zapojené medzi sebou, s výnimkou častí spájajúcich oranžové póly, ktoré vidieť na hornom obrázku.



Zdroj obrázku (15. november 2019):

http://skie.net/skynet/projects/tesla/view_post/20_Pics+and+Info%3A+Inside+the+Tesla+100kWh+Battery+Pack

Červené čiary na hornom obrázku znázorňujú, kde sú vytvorené spojenia s pozitívnym pólom. Na spodnom obrázku vidíme modrou farbou znázornené negatívne póly. Susedné segmenty majú opačnú polaritu.



Spojenia elektrických článkov k Bus Bar

Tesla v tomto prípade použila drôtové prepojenia, aby elektricky prepojili články s Bus Bar-om. Aj keď s touto metódou narastá odpor, ktorý znižuje prevádzkovú účinnosť a zvyšuje teplo, má množstvo výhod. Počas toho, kedy sú batérie pripojené, sa v článku nevytvára žiadne významné teplo. Spojenie, ktoré využíva drôt, taktiež funguje ako poistka. A ak má spojenie z nejakého dôvodu poruchu, je veľmi nepravdepodobné, že článok je poškodený, čo len znižuje počet článkov vyradených počas výroby.

Modul s výkonom 100 kWh má 516 článkov, t.z. že je potrebných 1 032 prepojení drôtov. Ak by bol tento proces efektívny na 99,9%, mohlo by dôjsť k jednej chybe v každom module, čo by značilo, že výrobná kapacita je kľúčová.

Napätie možno vyrátať vynásobením minimálneho napätia, každého článku s menovitou a maximálnou hodnotou počtom článkov zapojených v sérii. Tento modul, s batériami 100 kWh je 6S 86P s minimálnym napätím 2,5V, nominálnym napätím 3,6V a maximálnym napätím 4,2V. Ak si toto uvedomíme, zistíme, že modul má menovité napätie 21,6V.



Na výpočet uloženej energie v module musíme vynásobiť kapacitu článku menovitým napätím modlu a počtom paralelne zapojených článkov, Tesla články majú kapacitu 3,4 A, menovité napätie v tomto module je 21,6 V a keďže je to 6s 86P, máme 86 článkov zapojených paralelne, takže možno povedať, že tento modul uloží 6,3 kWh energie.



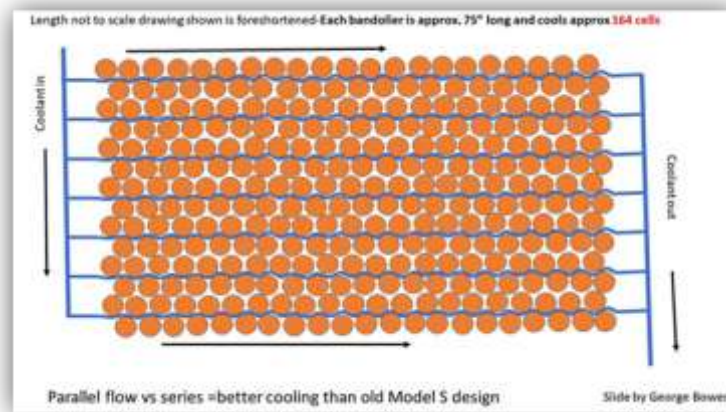
Na vyššie uvedenom obrázku vidíme chladiace rúrky, ktoré sú umiestnené vnútri modulu. Kovový systém riadenia teploty pozostáva z kovových rúrok, ktoré sú ploché a rovné na väčšej časti svojho povrchu a, a prechádzajú modulom v cik-cakovitom vzore. Rúrka je pokrytá tepelne izolačným materiálom sivej farby, ktorý poskytuje elektrickú izoláciu medzi chladiacim systémom a článkami batérií. Zároveň pritom ale vzniká určité množstvo tepelného prenosu.



Oranžová páska na obrázku vyššie je považovaná za kapitána medzi páskami (Captain Tape) v USA a poskytuje dodatočnú elektrickú izoláciu.

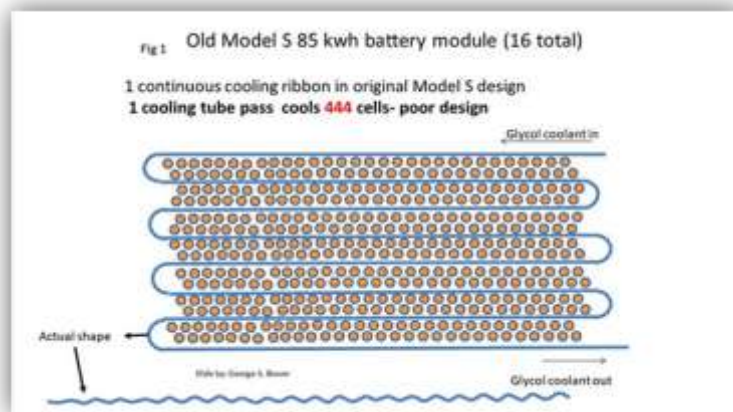
Toto je chladiaci systém používaný v Modeli S a v Modeli X, aj keď Tesla urobil progres s Modelom 3.

Tesle sa podarilo takmer zdvojnásobiť chladiacu kapacitu Systému termálneho riadenia (TMS) s novým dizajnom rúrky, ktorý znižuje počet článkov na každú chladiacu rúrku, pričom (Tesla) pridala viac do paralelného zapojenia, a zdvojnásobila objem tekutiny.



Tesla Model S a Model X TMS.

Parallel flow vs series =better cooling than old Model S design - Paralelný tok verzus sériový = lepšie chladenie ako na starom dizajne Model S



Tesla Model 3.TMS

Old Model S 85 kWh battery module (16 total) - starý Model S 85 kWh modul batérie (celkovo 16)

1 continuous cooling ribbon in original Model S design – 1 nepretržitý chladiaci pás v pôvodnom dizajne Modelu S

1 cooling tube pass cools 444 cells – poor design – 1 chladiaca rúrka ochladzuje 444 článkov – slabší dizajn

Actual shape – aktuálny tvar

Glycol coolant out – Chladič glykolu

Tesla batérie

Batérie



Batéria Modelu 3

Na rozdiel od článku batérie a modulu je batéria inteligentným zariadením, ktoré je možné ovládať pomocou správy batérií (BMS – Battery Management System), aby sa maximalizoval výkon, zabezpečilo sa bezpečné fungovanie a upravil sa výstup tak, aby sa z dlhodobého hľadiska zabránilo nadmernému zhoršeniu jeho výkonovej kapacity.

Z článkov batérií vznikajú moduly tak, že sa k nim pridajú mechanické rámy, pripojovacie výstupy, chladiace rozhranie a senzory. Každý z týchto prvkov má možnosť ďalšej transformácie modulu na inteligentnú a bezpečnú batériu.

Mechanické rámy modulov sú prepojené s mechanickými štruktúrami batérie. Táto štruktúra musí udržať batériu vo váhovej kategórii aj viac ako 600 kg. To poskytuje zvyšku auta dostatočnú pevnosť a odolnosť, čím sa zlepšuje aj jeho jazdná dynamika a bezpečnosť v prípade autonehody.

Moduly sú elektricky prepojené pomocou vysokonapäťových výstupov a okrem toho sa napájajú na termálne spojenia prostredníctvom chladiaceho systému v kombinácii s pevnými a flexibilnými rúrkami.

Zväzok senzorov zodpovedá za napájanie BMS, ktorý funguje ako ovládač systému batérií, aby sa maximalizoval jeho výkon a bezpečnosť.

Navyše, batéria obsahuje poistky, aby sa zabránilo nadmernému prepätiu energie, kontakt, ktorý pripojí a odpojí batériu od zvyšku vozidla, a vstupno-výstupný I/O konektor, ktorý na elektrické a tepelné pripojenie batérie k automobilu.

100kWh batéria modelov S a X má absolútnu energetickú kapacitu 102,4kWh. Jej 18 650 8,256 článkov je usporiadaných v konfigurácii 96s 86P s menovitým napätím približne 400V.

Celková váha batérie je 641kg, z čoho vyplýva, že gravimetrická hustota energie je 182,5W*kg. To znamená, že 63% celkovej hmotnosti batérie pripadá na články.

Energetická kapacita (E) sa vypočíta vynásobením kapacity článku (Capacidad de la celda) nominálnym napätím balenia (V nominal package) a počtom paralelne zapojených článkov (Celdas en paralelo).

$$E = \text{Capacidad de la celda} \times V_{\text{nominal paquete}} \times \text{Celdas en Paralelo}$$

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

Gravimetrická hustota energie batérie (DEG) sa vypočíta vydelením energetickej kapacity (E) hmotnosťou batérie (masa de la batería).

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

A keď už poznáme celkovú hmotnosť každého článku, vieme tiež zistiť, že približná hmotnosť batérie je 404kg, z čoho vyplýva, že 237kg z hmotnosti batérie sú komponenty, ktoré nie sú článkami.

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

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

Maximálny výkon, ktorý vie získať Tesla z batérie, je 567kWh. Výstupný výkon našej batérie ovplyvňuje naše napätie, ktoré je definované napätím v článku, počtom týchto článkov zapojených sériovo, maximálnym elektrickým prúdom článku a odporom batérie.

Alfa power ($P\alpha$) je jednoducho napätie batérie vynásobené intenzitou jej elektrického prúdu

$$P\alpha = V * I$$

Napätie batérie (V) v čase výroby energie bude nižšie ako pri otvorenom obvode (V_{ca}). Tento rozdiel sa tiež nazýva aj ako delta napätie ($V\delta$).

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

$V\delta$ sa vypočíta vynásobením maximálnej intenzity kombinovaných článkov odporom batérie.

$$V\delta = I * R$$

Preto ak chceme vypočítať maximálny výkon batérie, musíme poznať aj jeho odpor.

Na odpor článkov veľmi vplyvajú faktory ako sú zmena jeho stavu, teplota vypúšťacej rýchlosti. Na zjednodušenie použijeme číslo 10 sekúnd pri teplote 1-25°C. Odpor v jednotlivých článkoch by bol približne 30 mΩ.

Odpor vedenia drôtu (R_{ec}), ktorý spája bunky so zbernicou je približne 1mΩ pre každé spojenie. Každá zbernica má približne odpor 1mΩ pri izbovej teplote.

Odpor série (R-séria) je preto odpor buniek (R-bunka) plus dvojnásobok odporu drôtového spojenia, pretože by došlo k spojeniu ako v pozitívnom, tak aj v negatívnom póle. To všetko sa potom musí ešte vydeliť počtom článkov zapojených paralelne.

$$R\text{-series} = R\text{-cell} + (2 * R_{ec}) / \text{počet článkov zapojených paralelne}$$

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

Odpor modulu (R-module) je odpor série plus polovica odporu zbernice6, a to všetko vynásobené počtom článkov v sérii v module – o tom sme sa už zmienili skôr, že ich bolo 6.

$$R\text{-module} = (R\text{-serie} + (R \text{ del Bus bar}/2)) * \text{number of cells in series}$$

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

Okrem odporu modulu vieme pozorovať aj odpor vysokonapäťovej zbernice6, ktorá spája moduly. Bolo by to zhruba 0,02mΩ. Odpor vysokonapäťového pripojenia je 0,20mΩ. Odpor poistky je 0,23mΩ. Odpor skratu umožňuje BMS zmerať intenzitu prúdu balíku batérie, ktorá je 0,05mΩ, a odpor vysokonapäťového konektora, ktorý je 0,2mΩ.

Preto sa celkové napätie balíku vypočíta ako odpor modulu (R-module) vynásobený počtom modulov v sérii (Ms), plus odpor vysokonapäťovej zbernice vynásobený počtom modulov v sérii mínus ich intenzita, plus odpor konektora (R-ct), plus poistkový odpor (R-fus) plus odpor skratu (R-sh) plus odpor konektora HV (RCHV).

$$RT = (R\text{-module} * Ms) + (R \text{ de HV Bus Bar} *(Ms - I)) + Rct + Rfus + Rsh + RCHV$$

Výsledkom je odpor batérie s hodnotou 41,8mΩ.

Odpor článkov tvorí zhruba 80% celkového odporu batérie.

Na základe týchto informácií si dokážeme vyvodiť, že pri maximálnom výstupnom výkone 567kW sa bude intenzita balenia našej batérie pohybovať v rozpätí 1 800 – 2 000A, v závislosti od stavu nabíjania a teploty článku.

Výsledkom toho je intenzita prúdu v článku približne 21 – 23A, čo zodpovedá 6,2 – 6,7C na jeden článok ako krátkodobý špičkový výkon.

Ďalej sa pozrieme na štruktúru batérie.



Mechanická štruktúra batérie

Mechanická konštrukcia batérie pojme viac ako 600 kg batérie, plus skutočnosť, že (batéria) predstavuje základom podpory zvyšku konštrukcie vozidla. Bola navrhnutá tak, aby jej tuhosť poskytla vozidlu príjemnú jazdnú dynamiku a úspešné absolvovanie nárazových testov.

Silnejšie pozdĺžne priečky zvyšujú odolnosť proti bočným nárazom a pozdĺžnemu ohybu. Popritom ďalšie priečky dodávajú vozidlu dostatočnú torznú pevnosť a odolnosť voči bočnému nárazu. Tesla využila aj vnútorné sekcie, aby fyzicky oddelila každý modul, čo v prípade poruchy je v konečnom dôsledku prospešné pri predchádzaní šírenia požiaru.

Výsledky testu, ktorý sa uskutočnil ešte v roku 2015, ukázali, čo sa stane s článkom, v prípade, ak je prepichnutý klincom a ak je udržiavaný pri vysokých teplotách po dlhú dobu. Výsledky ukázali, že z hľadiska požiadaviek amerických výrobcov, požiar môže nastať, a práve preto je dôležité navrhnuť stratégie hasenia požiarov batérií.

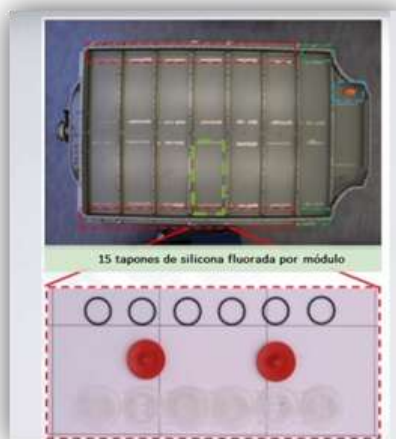


Perforovaný článok



Článok vystavený vysokej teplote

Pozrime sa teda na to, ako taká stratégia funguje:



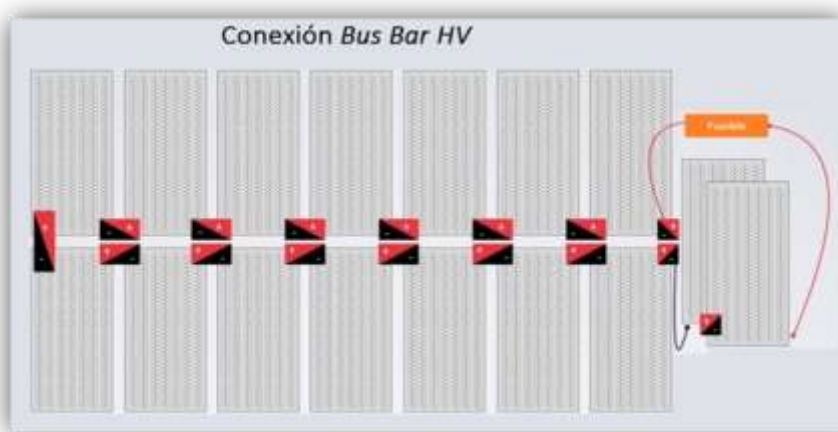
Fyzické oddelenie medzi modulmi (horná časť) a fluoridované kremíkové prípojky (dolná časť).

Počnúc modulmi – tie sú oddelené sľudovými vrstvami, ktoré sú umiestnené okolo modulu z dôvodu elektrickej izolácie medzi modulmi. Tieto plechy sú tiež veľmi stabilné, ale len do chvíle, kým nedosiahnu teplotu okolo 900°C, preto sa v prípade chyby v článku ihneď nerozložia a udržiavajú si ideálnu elektrickú izoláciu od modulu k modulu.

Moduly sú tiež oddelené na svojej hornej a spodnej strane kovovými plechmi, ktoré držia batériu pokope. Ďalej majú izolačnú vrstvu s hrúbkou 9,2 mm, ktorá zabraňuje prenikaniu tepla do priestoru kabíny.

Ak nastane v článku (batérie) chyba, vygeneruje sa tlak plynu – preto je také dôležité mať v tejto časti vozidla (kde je ložená batéria) aj dobrú ventiláciu. A keďže je každý modul fyzicky oddelený, každý z nich by mal mať svoje vlastné vetracie otvory. Okrem dvoch modulov umiestnených jeden na druhom v prednej časti, ktoré pritom zdieľajú spoločné ventilačné otvory.

Na tieto otvory sa používajú fluorované silikónové zátky, pretože umožňujú dobré utesnenie batérie, nakoľko sa časom neopotrebovávajú. Ak sú prítomné horúce plyny, tieto sa jednoducho rozkladajú, čo umožňuje prietok cez otvory.



Vysokonapäťové zbernice spájajú 16 modulov v sériovom zapojení, ako možno vidieť na hornom obrázku. Červená časť je kladný pól a čierna záporný.

Tieto zbernice sú vyrobené z cínu, majú prierez 75mm², t.j. sú dlhšie ako tie, ktoré sa používajú na vzájomné porovnávanie stohovaných predných modulov, ktoré sú prepojené prostredníctvom hlavnej poistky.

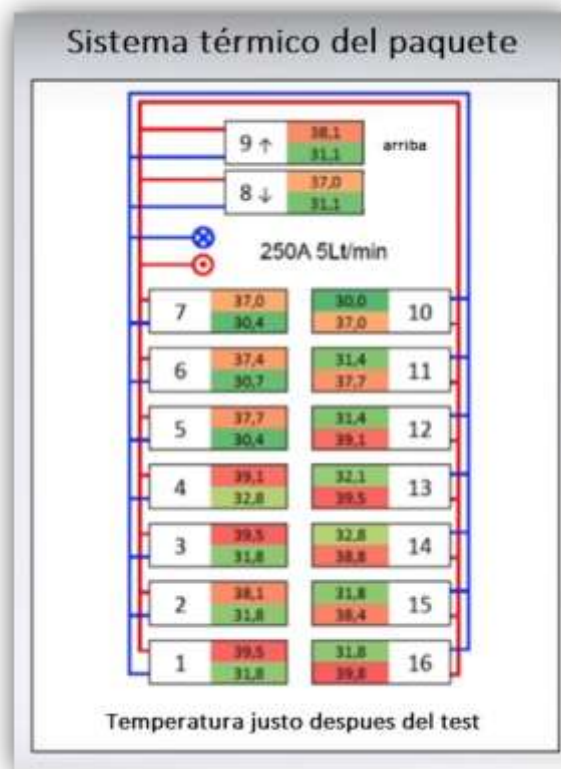
Na záver sa budeme zaoberať chladiacim systémom batérií.



Výsledky rôznych testov, ktoré vykonala spoločnosť AVL, poukazujú na to, že balenie 100kWh batérie poskytuje dobré informácie o chladiacom systéme.

Test pozostával z opakujúcich sa cyklov nabíjania a vybíjania 250A až do momentu, kedy sa nedosiahla stabilná teplota. Začalo sa testovať pri teplote 20°X s prietokom chladiacej kvapaliny 5L/m.

Na nasledujúcom diagrame je studená strana toku chladiacej kvapaliny znázornená modrou farbou a horúca strana červenou farbou.



Chladiaca kvapalina je už od samotného začiatku rozdelená tak, aby sa dostala do všetkých 16 modulov zoradených paralelne. Horúca strana každého modulu je pripojená paralelne k horúcemu výstupu z batérie. Každý modul má dva senzory NTC, čo umožňuje merať teplotu chladiacej kvapaliny v čase, keď vstupuje do obehu a keď z neho vystupuje.

Je nutné minimalizovať zmeny teplôt v každom článku, pretože o čo sú rýchlejšie teplejšie, o to skôr sa rozložia.

Na obrázku vidíme, že za vyššie spomenutých podmienok nastávajú dôležité teplotné zmeny, dosahujúce až 8 stupňov rozdielu medzi vstupnými a výstupnými bodmi, ako možno vidieť v module 16. Navyše, v celej batérii je teplotný rozdiel takmer 10°.

Tento teplotný rozdiel v moduloch vzniká z dôvodu, akým spôsobom cirkuluje chladiaca kvapalina medzi článkami. Keďže ide o pohyb v tvare písmena „S“, chladiaca kvapalina sa zahrieva čoraz viac a viac, až kým sa nedostane von. A ako sme už predtým videli chladiaci proces v moduloch, Tesla už začala nahrádzať chladiaci systém v Modeli S a X novým, ktorým už používa v Modeli 3.

Na záver

21 700 článkov – taký je krátkodobý cieľom firmy Tesla. Spoločnosť plánuje pozastaviť výrobu batérií s 18 650 článkami Už dnes pracujú na ďalšom Modelu 3 a Power Wall. Podľa Elona Muska, CEO firmy Tesla, budú lacnejšie a s vyššou energetickou hustotou – tou najväčšou na zemi.



Spoločnosť Tesla sa spolieha na tento formát batérií, čo je presný opak toho, ako postupujú tradiční výrobcovia. Týmto typom článku sa kalifornská značka snaží docieľiť zníženie nákladov. Niet pochýb o tom, že aktuálne majú tú česť byť lídrom v automobilovom sektore 100% elektromobilov.

Na technológiu batérií Tesla sa bude spomínať ako kľúčový technologický vývoj v histórii, ktorý kompletne transformuje automobilový priemysel a že už v priebehu 5 rokov od svojho uvedenia na trh s prvotným Modelom S sa preukázalo, že životnosť a výkonnosť batérie v skutočnom svete sú veľmi efektívne. A dozaista budú tieto očakávania aj naďalej prekonávať.

Perspektíva tejto technológie spočíva v tom, že batérie budúcnosti budú menšie, no za to budú schopné ukladať väčšie kvantá energie. Podľa vyjadrení zákazníkov, cieľom je vyriešiť hlavné prekážky elektromobilov, t.z. že autonómnosť a čas nabíjania týchto vozidiel.

So súčasným pokrokom vo výskume v oblasti článkov (batérií), ktoré už dnes poukazujú na to, že (batérie) sú schopné ukladať viac energie na dlhšiu dobu, a s možnosťami, ktoré nám otvárajú kondenzátory, nebude to dlho trvať a dočkáme sa áut, ktoré budú rovnako alebo dokonca ešte autonómnejšie ako súčasné vozidlá so spaľovacím motorom, a s kratšou dobou nabíjania.



The opinions presented in this document are the views of the STEP AHEAD II project partnership and do not have to express the opinions of the EU.