

Batérie elektrických vozidiel Tesla

Pre študentov



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.

PRÍLOHA 3

Tesla batérie

Batérie



Batéria Modelu 3

Na rozdiel od článku batérie a modulu je batéria inteligentným zariadením, ké 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 paquete) 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 α) 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 δ).

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

V δ 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 (Rec), 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.

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

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

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.

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

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

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).

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

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.

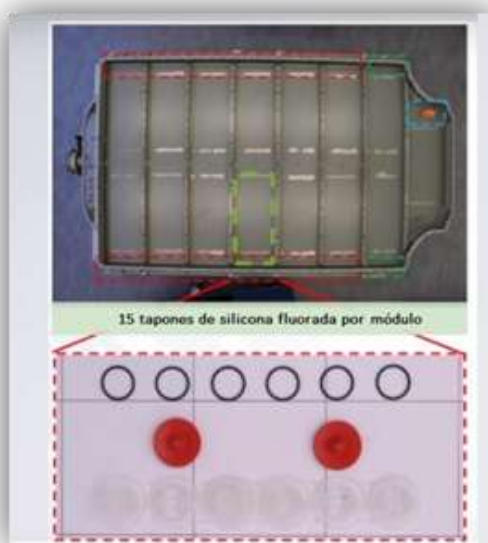


Perforovaný článok



Článok vystavený vysokej teplote

Pozrime sa teda na to, ako taká stratégia funguje:



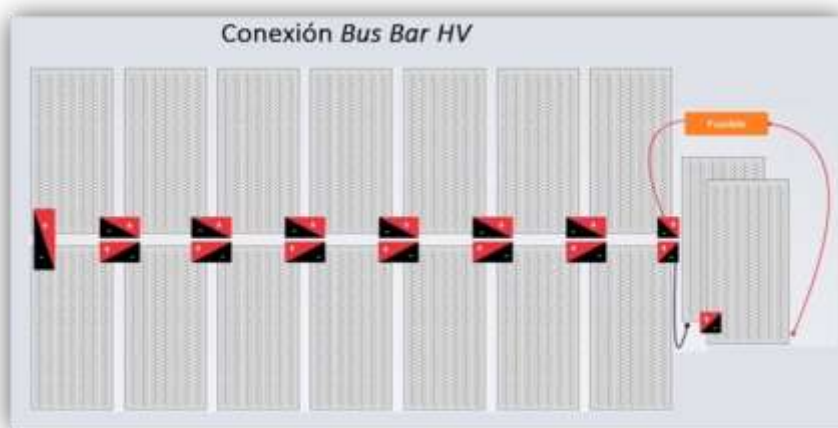
Fyzické oddelenie medzi modulmi (horná časť) a fluoridované kremíkové prípojky (dolná časť).

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.

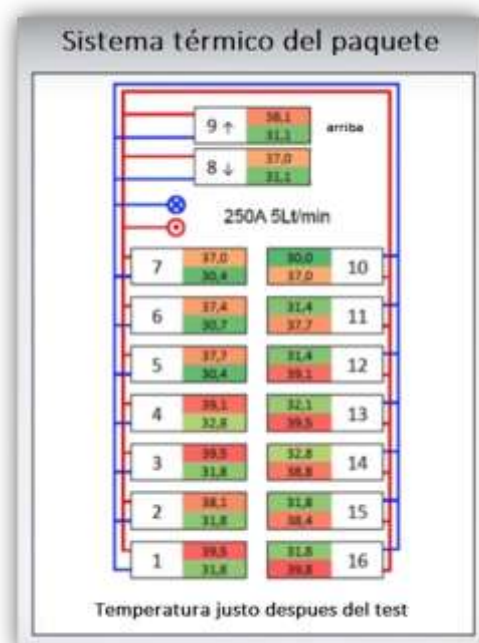
Na tieto otvory sa používajú fluorované silikónové zátky, pretože umožňujú dobré utesnenie batérie, nakoľko sa časom neopotrebovávajú. Ak sú prítomné horúce plyny, tieto sa jednoducho rozkladajú, čo umožňuje prietok cez otvory.



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 Modeli 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.