

Range extender. Range extender -sähköajoneuvo on käytännössä lataushybridi varustettuna tavallista suuremmalla ajoakulla. Polttomoottoria on tarkoitus käyttää vain poikkeustapauksissa, kuten satojen kilometrien matkoilla. Päivittäiset työmatka- ym. ajot ajetaan sähköllä.

Täyssähköajoneuvo. Täyssähköajoneuvossa ei ole polttomoottoria ollenkaan, vaan voimanlähteenä toimii sähkömoottori, joka saa energiansa ladattavasta akusta.



Sähköajoneuvo on ladattava ajoneuvo

Lataushybrideitä ja täyssähköajoneuvoja kutsutaan sähköajoneuvoiksi tai ladattaviksi ajoneuvoiksi.

Luvun lähteenä on käytetty [15] lisäksi ajoneuvovalmistajien verkkosivuja. Sähköautojen ja niiden latausjärjestelmien termeistä löytyy laajempi sanasto sähköalan standardointijärjestö SESKOn verkkosivuilta [16].

2.3 Sähköisen voimalinjan komponentit

2.3.1 Ajoakku ja akunhallintajärjestelmä

Sähköajoneuvot varastoivat energiaa ajoakkuun. Ajoakun jännite on tyypillisesti useita satoja voltteja: yleensä 400 V tai 800 V. Perinteinen 12 tai 24 voltin sähköjärjestelmä ei riitä, koska sähkömoottorilta vaaditaan useiden kymmenien, jopa satojen kilowattien teho. Tällaisen tehon käsitteleminen muutaman kymmenen voltin jännitteellä vaatisi paksujen johtimien ja moottorikäymitysten käyttöä, mikä olisi epätaloudellista ja tekisi järjestelmästä suurikokoisen.

Varhaisissa sähköajoneuvoissa käytettiin lyijyakkua. On huomattava, että tavalliset moottoriajoneuvojen käynnistysakut eivät sovellu sähköajoneuvon ajoakuiksi, koska niitä ei ole suunniteltu kestämään syviä purkaussyklejä.

1900-luvun lopun ja 2000-luvun alun hybridiajoneuvoissa käytettiin nikkelimetallihydridi- eli NiMH-akkuja. Tämän akkutyyppin etuja olivat matala hinta, hyvä pakkaskestävyys ja kyky käsitellä suuria lataus- ja purkausvirtoja, minkä johdosta NiMH-akut soveltuivat jarrutusenergian talteenottoon ja kiihdytyksissä avustamiseen hyvin. [17]

Nykyaikaisissa täyssähköajoneuvoissa on alusta asti käytetty litiumioniakkuja. 2010-luvulla litiumioniakut kehittyivät nopeasti ja ovat käytännössä syrjäyttäneet NiMH:n myös ei-ladattavista hybridiautoista. Litiumioniakut ovat huomattavasti kevyempiä kuin NiMH-akut. Haittapuolena litiumioniakuissa on huono ylilatauksen kesto.[18] Litiumioniakku vaatii käytännössä aina kehittyneen akunhallintajärjestelmän, joka valvoo erikseen jokaisen kennon varaustilaa.

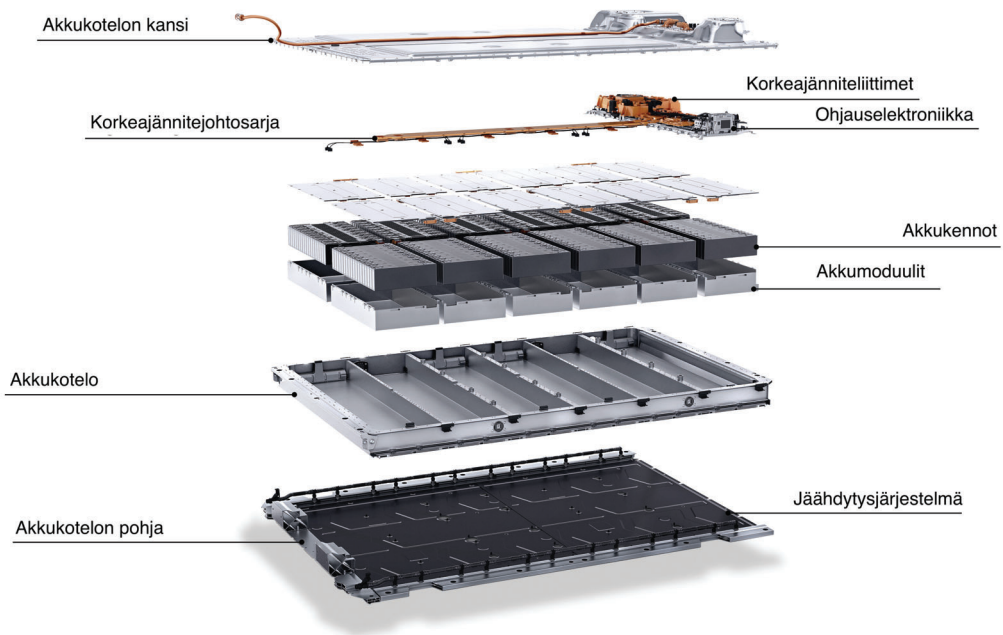
Käytännössä kaikissa uusissa kaupallisissa tieliikenteeseen suunnitelluissa sähkö- ja hybridiajoneuvoissa käytetään litiumioniakkuja. Käytössä on edelleen paljon hybridiajoneuvoja, joissa on NiMH-akku. Kuriositeettina mainittakoon osassa Think City -kaupunkiautoja käytössä ollut sulasuola-akku (Zebra-akku).



Litiumioniakku vai litiumakku?

Litiumioniakku lyhenee usein niin puhekielessä litiumakuksi. Usein korostetaan, että litiumakku on eri asia ja pitää puhua litiumioniakuista. Taustalla on 1980-lukuinen tapahtuma, jossa litiummetallia sisältäneet litiumakut osoittautuivat erittäin palovaaralliseksi. Myöhemmin kehitetty litiumioniakku, jossa litium ei ollut metallisessa muodossa vaan ioneina, kärsi tämän palovaarallisen akkutyyppin maineesta, minkä takia valmistajat korostivat viestinnässä, että kyseessä on litium*ioni*akku. 2000-luvulla kaikki litiumpohjaiset akut ovat litiumioniakkuja, joten sekaannuksen vaaraa ei enää ole. Tässä kirjassa käytetään teknisesti täsmällistä termiä litiumioniakku.

Toisin kuin vesipohjaiseen elektrolyyttiin perustuva NiMH-akku, litiumioniakku on korkean jännitteen lisäksi vaarallinen myös palo-



Kuva 2.1: Täyssähköhenkilöautossa akku on sijoitettu käytännössä aina auton alustaan. Auton painopiste saadaan alas ja suunnitellullisesti se on vaivattomin ratkaisu. Akku on valmistettavuuden ja huollettavuuden takia jaettu moduuleihin, jotka on kytketty sarjaan jännitteen nostamiseksi. Kuvassa Mercedes-Benzin täyssähköauton ajoakku. Kuva: Daimler Media

vaaran takia. Esimerkiksi erittäin voimakkaassa törmäyksessä murskaantuva akku saattaa syttyä tuleen. Akuille on tiukat hyväksymistestit, joten riski ei olennaisesti eroa polttomoottoriauton syttymisriskistä onnettomuustilanteessa. Litiumioniakkujen paloturvallisuutta ja tekniikkaa käsitellään laajemmin saman kirjoittajan teoksessa Litiumioniakkutekniikka (2022) [19].

Ajoakkuun on integroitu turvajärjestelmiä, jotka katkaisevat jännitteen, jos ajoneuvo joutuu kolariin tai veden alle. Järjestelmä suojaa vaurioilta niin kauan, kun akkupaketti säilyy suurin piirtein ehjänä.

**Akkua ei pysty kytkemään pois päältä**

Ladattu akku on aina jännitteinen, eikä sitä pysty sammuttamaan samalla tavalla kuin aggregaattia, ydinreaktoria, polttomoottoria tai kaasupoltinta.

Akku on käytännössä vaarallinen, kunnes se on käsitelty kierrätystä varten purkamalla akun varaus hallitusti ja oikosulkemalla sen navat niin, että sisällä tapahtuvat kemialliset reaktiot eivät aiheuta napoihin jännitettä. Ajoneuvoa, jossa akku on kiinni, voidaan käsitellä turvallisesti, kun akku on luotettavasti erotettu sähköisesti ajoneuvon muusta sähköjärjestelmästä.

Akkujen turvallinen käsittely

Ehjä korkeajänniteakku on käytännössä turvallinen, kunhan sen liittimet ("navat") on suojattu koskettamiselta. Sarjavalmistettujen sähköajoneuvojen akuissa on käytännössä aina sisäiset kontaktorit, jotka katkaisevat jännitteen akun liittimistä muulloin kuin silloin, kun auto on ajamisen mahdollistavassa tilassa. Akun liittimet, kuten myös muut korkeajännitejärjestelmän liittimet, kannattaa suojata heti irrottamisen jälkeen jo senkin takia, että niihin ei pääsisi vierasesineitä ja muita epäpuhtauksia, jotka voivat heikentää kontaktia tai aiheuttaa oikosulun.

Korkeajänniteakun sisäinen resistanssi on suuruusluokaltaan kymmeniä milliohmeja. Tämä tarkoittaa, että oikosulkuvirta on vähintään tuhansia ampeereja. Korkeajänniteakun oikosulkeminen varsinkin akkua korjattaessa – jolloin kennosto on suoraan kosketta- vissa ilman suojapiiriä – aiheuttaa vakavan valokaarionnettomuuden ja palovaaran. Myös kennojen mekaaninen vaurioituminen voi johtaa tulipaloon.

 **Tyypillisesti, yleensä, käytännössä aina...**

Akkuja ja sähköajoneuvoja koskevat määräykset antavat valmistajille hyvin vapaat kädet toteuttaa ajoneuvon rakenteen ja tekniset ratkaisut, kunhan lopputulos on riittävän turvallinen. Tämän takia on yleensä mahdoton kirjoittaa kirjaan väitteitä jotka pitäisivät paikkansa aivan kaikilla maailman tai edes Euroopan sähköajoneuvoilla. Ja vaikka väite pitäisi paikkansa nyt, kuukauden päästä voi tulla myyntiin auto jossa toteutustapa onkin erilainen. Esimerkiksi eristysresistanssin valvontajärjestelmä ei ole pakollinen, mutta sähköajoneuvo on käytännössä mahdoton suunnitella niin, että se olisi riittävän turvallinen ilman eristysresistanssin valvontajärjestelmää. Harrastepohjalta rakennetuissa muunnossähköautoissa, joille ei vaadita varsinaista tyyppihyväksyntää tiukkojen riskienhallintalaskelmien, eristysresistanssin valvontajärjestelmä taas usein puuttuu.

Koska akun kennoja ei pysty tekemään jännitteettömäksi, akun sisäiset korjaustyöt ovat aina jännitetyötä. Jännitetyötä saa tehdä vain siihen koulutettu henkilö. Akkujen valmistajan tai valmistajan edustajan koulutus on suositeltavin vaihtoehto akkujen jännitetyökoulutukseksi.

Akkuja kennotasolla käsiteltäessä on syytä tutustua myös kennotyyppin käyttöturvallisuustiedotteeseen.

Nikkelimetallihydridiakut sisältävät hyytelömäistä emäksistä elektrolyyttiä, jonka joutuminen iholle on vaarallista, nielemisestä puhumattakaan. Voimakkaasti emäksinen elektrolyytti syövyttää ihoa ja limakalvoja kuin lipeä. Elektrolyyttiroiskeet on huuhdeltava iholta huolellisesti ja mielellään näytettävä terveydenhuollon ammattihenkilölle. Litiumioniakuissa nestemäistä sisältöä on huomattavasti vähemmän, mutta nämäkin aineet ovat myrkyllisiä ja niiden joutuminen iholle on estettävä.

Palovaaran takia akkua ei kannata käsitellä ahtaassa tilassa. Väljä hallitila helpottaa akun käsittelyä, jos se syttyy tuleen. Akun tahaton oikosulkeminen tulee tehdä mahdottomaksi: älä käytä metallisia

koruja äläkä kelloa, ja käytä aina eristettyjä jännitetyökaluja. Akkua ei kannata siirrellä, ennen kuin sen liittimet on suojattu asianmukaisesti.

Litiumioniakkupalo ei yleensä ala ilman varoitusmerkkejä, vaan sitä edeltää lämmön nousu ja akusta purkautuu savumaista kaasua ennen varsinaista syttymistä. Näitä kaasuja ei tule hengittää. Akkua tulee käsitellä paikassa, jossa sen mahdollinen syttyminen aiheuttaa mahdollisimman vähän vaurioita. Jos se on turvallisesti mahdollista, akku tai auto kannattaa siirtää ulkotiloihin. Ensisijaisesti tulee huolehtia henkilöturvallisuudesta, joten usein akkupalossa turvallisoin toimintatapa on poistua tiloista ja soittaa hätänumeroon. Sen sijaan valmistus- ja tuotantolinjoilla, joissa akkupalo voi aiheuttaa miljoonien välittömät ja kymmenien miljoonien välilliset vahingot, akkupalon käsittely voidaan hoitaa oman tehdaspalokunnan tai koulutettujen työntekijöiden avulla.

Ehjän akun syttyminen on erittäin harvinaista: akkupalojen taustalla on usein mekaaninen väärinkäyttö. Syttymismahdollisuus tulee kuitenkin ottaa huomioon turvallista työskentelyä suunniteltaessa.

Akkujen kuljettamisessa on noudatettava vaarallisten aineiden kuljetusmääräyksiä, ja näiden noudattamisesta vastaa lähettäjä. Vaarallisten aineiden kuljetusmääräykset ovat uudistumassa kirjan mennessä painoon, ja lausuntoversiossa on täsmennetty esimerkiksi viiallisten akkujen kuljetusta koskevia määräyksiä sekä natriumioniakkujen käsittelyä.

Akkuun liittyvää termistöä

Akun kapasiteettia eli kykyä varata energiaa mitataan tavallisesti ampeeritunteina. Esimerkiksi 80 ampeeritunnin akku pystyy antamaan yhden ampeerin virran 80 tunnin ajan. Kapasiteetille käytetään yleensä tunnusta Q :

$$Q = I \cdot t \quad (2.1)$$

Koska teho on virta kerrottuna jännitteellä ja energiamäärä on teho kerrottuna ajalla, saadaan akun sisältämä energiamäärä kertomalla sen kapasiteetti akun jännitteellä. Esimerkiksi 12 voltin 80 am-