



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tämä on rinnakkaistallenne. Rinnakkaistallenteen sivuasettelut ja typografiset yksityiskohdat saattavat poiketa alkuperäisestä julkaisusta.

Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Linja-aho, V. (2021). Sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijan taidonnäyte: Ajoakku. *Suomen Autolehti*, 1, s. 38-42.

Sähkö- ja mekaniikkasuunnittelijan taidonnäyte

Ajoakku



Subaru / Creative Commons

Sähköauton ajovoima-akku tai lyhyemmin ajoakku koostuu litiumionikenoista kootuista moduuleista sekä lämmönhallinta- ja akunhallintajärjestelmistä.

■ Ryhmäpäällikkö Vesa Linja-aho, SESKO

Sähköauton ajoakku on polttoainesäiliön rinnastettava energiavarasto. Oranssit korkeajännitejohdot tuovat energian moottorille. Akkukemia sovitetaan käyttötärpeen mukaan. Niinpä esimerkiksi henkilöautojen ja raskaan kaluston akut eroavat selvästi toisistaan.

Nykyaikaisen täyssähköauton ja laadattavan hybridi-auton selkäranka on litiumioniakku. Toistaiseksi mikään muu akkutyyppe ei ole riittävän kevyt, pienikokoinen ja pit-

käikäinen ajoneuvokäyttöön. Litiumioniakkujen etuja ovat myös laaja käyttölämpötila-alue, matala itsepurkautuminen ja huoltovapaus.

Heikkoudet liittyvät monia

muita akkutyyppejä huonompaan paloturvallisuuteen sekä alttiuteen vaurioitua väärästä kohtelusta.

Mullistavista akkukeksinnöistä uutisoidaan säännöllisesti, mutta

laboratoriossa toimivasta keksinnöstä on monen vuoden matka kaupalliseksi, turvallisuus- ja kestävyysvaatimukset täyttäväksi tuotteeksi. Suurimmasta osasta mullistavia

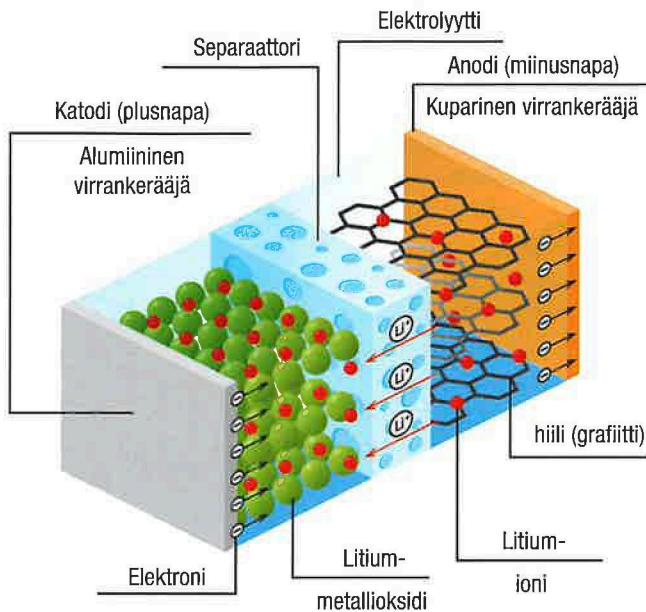


Mario Roberto Duran Ortiz

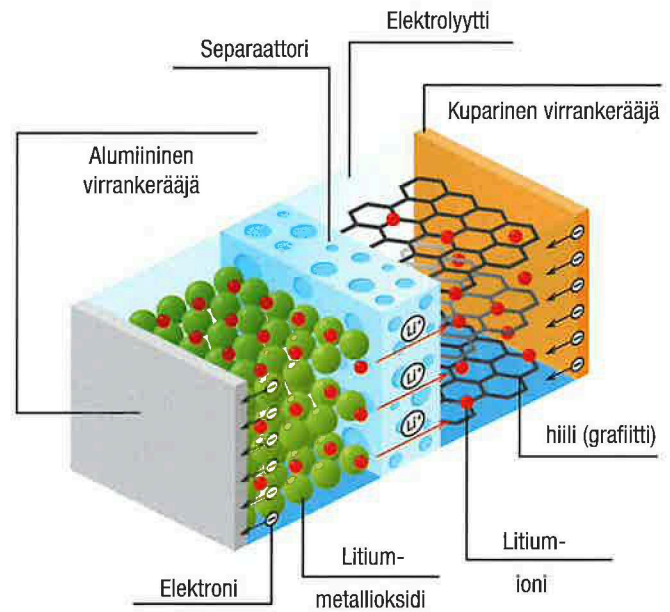
Vuosimallin 2011 Nissan Leafin akussa on 48 moduulia, joissa kussakin on neljä kennoa (kaksi sarjassa, kaksi rinnan). Nimellisjännite on $96 \times 3,75 = 360$ V. Tarkka jännite riippuu akun varaustilasta.

Litiumioniakun kennorakenne

Purkaus



Lataus



keksintöjä ei ensiuutisoinnin jälkeen kuulla mitään.

Akkua voi hyvällä syyllä kutsua sähköauton selkärangaksi: teollisuus- ja rautatiekäytössä sähkömoottorit ovat syrjäyttäneet polttomoottorin jo vuosia sitten hyvän hyötysuhteensa sekä edullisen ja kestävänsä rakenteensa vuoksi. Kliseisen sanonnan mukaan olisimme ajaneet sähköautoilla jo vuosikymmeniä, jos sähköenergian edullinen varastointi olisi ollut mahdollista.

Vuonna 1991 ensi kertaa kaupallisena tuotteena lanseeratun litiumioniakun kehitystä siivitti kannettavan elektroniikan yleistymisen. Suuret myyntivolymit mahdollistivat koko ajan jatkuvan tuotekehityksen ja hintojen laskun.

Viimeisen kymmenen vuoden aikana litiumakkupaketin suurmarkkinahinta on analyyttikayhtiö Bloombergin mukaan pudonnut yli 1000 dollarista noin 140 dollariin kilowattitunnilta. Hinta sisältää akkukennot koteloiheen ja ohjausjärjestelmiseen. Bloombergin ennus-

teen mukaan vuonna 2030 hinta on laskenut 60 dollariin. Loputtomiin hinta ei voi pudota raaka-aineiden hinnan takia.

Miksi valitaan korkea jännite?

Usein kysytään, miksi sähköautoissa käytetään vaarallisen korkeita jännitteitä. Sähkötekniikan perusteiden mukaan teho on jännitteen ja virran tulo. Esimerkiksi 100 kilowatin moottoriteho voidaan siirtää 100 voltin jännitteellä ja 1000 ampeerin virralla, tai 400 voltin jännitteellä ja 250 ampeerin virralla.

Suuret virrat vaativat paksuja johtimia, muuten häviöt kasvavat liian suuriksi. Lisäksi tarvitaan hyvää lämmönhallintaa. Suuri virta aiheuttaa ympärilleen myös voimakkaan magneettikentän, mikä voi häiritä etenkin ohjauselektronikan toimintaa.

Suuri jännite puolestaan on helppo hallita: lyhyesti sanottuna riittää, että huolehditaan riittävästä eristeainepaksuudesta ja ilmävä-

Anodi

koostuu virrankerääjänä toimivasta kuparilevystä ja grafiittisesta aktiivimateriaalista.

Katodi

koostuu virrankerääjänä toimivasta alumiinilevystä ja aktiivimateriaalista, joka on jokin litiumin yhdiste akkukemiasta riippuen. Esimerkiksi LFP-akussa katodi on litium-rautafosfaattia (LiFePO₄).

Separaattori

päästää lävitseen litiumionit, mutta ei elektroneja. Separaattorin rikkoutuessa kenno menee oikosulkuun ja voi ylikuumentua ja syttyä palamaan.

Elektrolyytti

on johtava liuos, joka sisältää jotakin litiumsuolaa (esimerkiksi litiumheksafluorofosfaattia) liuotettuna johonkin orgaaniseen liuottimeen. Elektrolyyttiin voidaan lisätä erilaisia lisäaineita muun muassa kennon ikääntymistä hidastamaan.

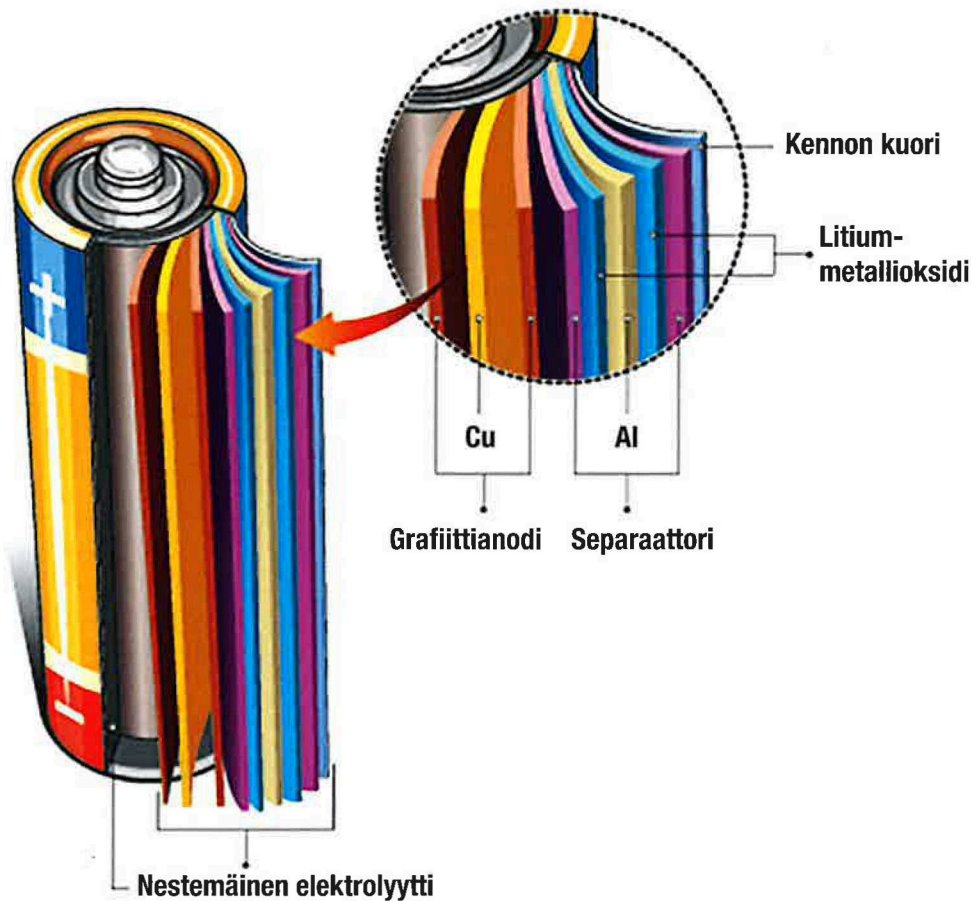
leistä. Täsmälleen samoista syistä sähkön pitkän matkan siirrossa käytetään 400 kilovoltin jännitettä, kun taas kodin sähkölaitteissa pärjätään 230 voltilla.

Aivan kuten suuri virta tuottaa voimakkaan magneettikentän, suuri jännite tuottaa voimakkaan sähkökentän. Sähkökentältä on kuitenkin helppo suojautua, se pysähtyy

mihin tahansa sähköä johtavaan pintaan kuten akun koteloon tai ajoneuvon koriin. Magneettikentältä suojautuminen on huomattavasti vaikeampaa. Näin suunnittelukokonaisuuksia helpottaa, kun suurten virtojen sijaan suositaan suuria jännitteitä.

Henkilöautoissa tarvittavat moottoritehot vaihtelevat alle sadas-

Sylinterikkenno



Lataaminen ja sen hallinta

Nikkelimetallihydridiakut voi ladata käytännössä täyteen vakiovirralla.

Litiumioniakut on turvallisinta ladata vakiovirta-vakiojännitemenetelmällä. Akkua ladataan ensin vakiovirralla. Kun kennojännite saavuttaa tietyn tason, siirrytään vakiojännitelataamiseen, jolloin virta pienenee, mitä täydempi akku on.

Mitä täydempi kenno on, sitä hitaampaa on lataus. Tämän takia sähköautojen pikalatauksessa ensimmäinen 50 prosenttia on nopeampi ladata kuin viimeiset 30 prosenttia. □

ta kilowatista satoihin kilowatteihin. Tyypillisesti ajoakussa käytetään 300–400 voltin jännitettä. Raskaan kaluston sovelluksissa käytetään

suurempia jännitteitä, kuten myös Porsche Taycan -urheiluautossa, jossa on päädytty 800 voltin ajoakkuun.

Akkukemian aakkoset

Yksi litiumakkukkenno tuottaa noin neljän voltin jännitteen. Tarkka jännite riippuu kennon varaustilasta ja

kennotyypistä.

Litiumin käyttö akussa perustuu sen keveyteen, matalaan elektronenegatiivisuuteen ja pieneen ionikokoon. Litiumioniakku koostuu katodista (positiivinen napa), anodista (negatiivinen napa) sekä niiden välissä olevasta elektrolyyttiliuoksesta. Anodin ja katodin välissä on lisäksi huokoinen separaattorikalvo, joka päästää lävitseen litiumionit, mutta ei elektroneja.

Nykyaikaisissa litiumioniakuissa katodi koostuu virraneräjäjänä toimivasta alumiinikalvosta sekä aktiivisesta. Aktiivisena on litiumyhdiste, jonka mukaan kyseinen akkukennotyyppi (akkukemia) nimetään. Jos esimerkiksi katodin aktiivimateriaali on litium-rautafosfaattia, kennoa kutsutaan LFP-kennoksi. Anodi taas koostuu kuparilevystä ja aktiivimateriaalina toimivasta grafiitista.

Paljon puhuttu paloturvallisuus

Sähköautojen tulipalot voidaan jakaa kahteen kastiin: tavallisiin autopaloihin ja ajoakun paloihin.

Ajoakun palo saa yleensä alkunsa akun sisäisestä viasta, kuten viallisen kennon oikosulusta. Se etenee lämpöryntäykseksi eli kenno ylikuumenee ja ketjureaktio jatkuu seuraaviinkin kennoihin. Ulkopuoliselta lämmöltä akku on hyvin suojattu jo tyyppihyväksyntävaatimusten takia.

Yleisin litiumioniakkujen elektrolyytissä käytetty suola on litiumheksafluorofosfaatti. Tämän sisältämä fluori reagoi tulipalossa ja muodostaa vetyfluoridia (HF), joka on vaarallinen myrky. Kaikissa tulipaloissa ja etenkin ajoneuvopaloissa vapautuu myrkyllisiä kaasuja, mutta fluorivety muodostaa yhden lisärisikin. Sitä vapautuu jonkin verran myös polttomootoriautosta fluoripitoisten ilmastoinnin kylmäaineiden palaessa.

Ajoakun palo- ja kolariturvallisuudelle on tiukat vaatimukset. Tavanomaiset kaupunkikolarit ja suurin osa maantiekolareistakaan eivät johda ajoakun tulipaloon.

Virheet ajoakun korjaamisessa voivat olla kohtalokkaita. Väärään momenttiin kiristetyt ruuviliitokset tai akun sisälle päässeet epäpuhtaudet ja vierasesineet voivat johtaa ennemmin tai myöhemmin tulipaloon. □

Litiumakkujen valmistaminen on rullalta rullalle -prosessi, kuten esimerkiksi paperin valmistaminen. Vertaus on siitäkin osuva, että litiumakkukennojenkin valmistaminen vaatii suuret ja kalliit koneet ja suurilla tuotantomäärillä saavutetaan skaalaetuja hinnassa.

Akkukkenno voidaan kääriä rullalle ja pakata esimerkiksi sähkösavukkeista ja Teslan sähköautoista tuttuun sylinterikennoon. Kannettavissa laitteissa (ja Nissan Leafissa) puolestaan käytetään pussikennoja. Jos kenno taitellaan ja pakataan kovaan suorakulmaiseen koteloon, saadaan prismaattinen kenno.

Kun akkua varataan, katodilla oleva litiummetallioksidi luovuttaa positiivisesti varattuja litiumioneja ja elektroneja. Elektronit virtaavat latauslaitteen läpi ja litiumionit separaattorin läpi akun anodille. Anodilla tapahtuu interkalaatioksi kutsumtu reaktio, jossa litium ja grafiitti (hiili) reagoivat ja muodostavat kerrosmaisena rakenteen. Akkua purettaessa reaktiot tapahtuvat toiseen suuntaan.

Litiumtitaaniakku poikkeaa muista litiumioniakuista: anodin aktiivimateriaali on hiilen sijasta litiumtitaaniakku. Sen kiderakenne mahdollistaa erittäin suuret lataus- ja purkuvirrat.

Kennoja ja moduuleita

Koska suurten tehon käsittelyyn tarvitaan suuri jännite, kennoja on kytkettävä paljon sarjaan, jotta neljän voltin kennoista saadaan satojen volttien jännite. Jokainen liitos tuottaa niin valmistuskustannuksia kuin potentiaalisen vikapaikan, mutta sähkökemian lainalaisuudet käytännössä rajoittavat kennojärjestyksen korkeintaan noin neljään volttiin, joten pitkiä sarjaankytkentäketjuja on vaikea välttää.

Kennoista kootaan ensin moduuleja ja sitten moduuleja kytketään yhteen akkupaketiksi tai lyhyemmin akuksi. Jako moduuleihin helpottaa myöhemmin mahdollisia korjauksia. Modulaarinen ratkaisu parantaa myös paloturvallisuutta, koska moduulien välille voidaan to-

teuttaa eräänlaista palo-osastointia.

Kennoja kytketään tavallisesti muutamia rinnan riittävän virranantokyvyn saavuttamiseksi. Näitä rinnankytkentöjä kytketään puolestaan riittävästi sarjaan tavoitellun jännitetaso saavuttamiseksi.

Erilaisia kennokemioita

Litiumioniakuista puhutaan yleensä yleistäen, vaikka eri kennotyyppien ominaisuudet poikkeavat huomattavasti toisistaan. Sonyn vuonna 1991 markkinoille tuomassa akussa katodimateriaali oli litium-kobolttioksidia (LCO). Sähköhenkilöautoissa suosittu kemia on litium-nikkeli-mangaani-kobolttioksidi eli NMC. Kennon etuna on suuri energiatiheys, eli pieneen akkuun saadaan pakattua paljon energiaa.

Sähköbussissa käytetään tavallisesti litium-rautafosfaattiakkuja (LFP), joiden energiatiheys on kehnompia. Ne ovat kuitenkin erittäin turvallisia ja NMC-akkuja edullisempia muun muassa siksi, että kallista kobolttia ei tarvitse käyttää.

Toinen busseissa käytetty akkukemia on litiumtitaani (LTO). Se on kallis, mutta kestää erittäin suuria latausvirtoja. Lisäksi akku on erittäin paloturvallinen, koska helposti palavan grafiittianodin sijaan anodimateriaalina toimii litiumtitaani eikä grafiitti, kuten muissa litiumioniakuissa. Litiumtitaaniakut kestävät helposti yli 10000 latausykliä. Bussissa akkujen viemä tila ei ole ongelma, koska akkuja mahtuu riittävästi niin alustaan kuin katollekin.

Tesla puolestaan on valinnut autoihinsa NCA-akkukemian (nikkeli-koboltti-alumiinioksidi), joka tyyppillisesti kestää hieman paremmin suuria lataus- ja purkuvirtoja kuin NMC. Kiinassa myytäviä Tesloja toimitetaan myös edullisemmalla LFP-akulla.

Akkukemian valinta on käytännössä aina jonkinasteinen kompromissi. Tämän lisäksi eri kennovalmistajilla on omat lisäaineseostuksensa, jotka ovat liikesalaisuuksia. Seossuhteita säätämällä voi vaikuttaa akkujen ominaisuuksiin:

Akun elinikä

Kauanko ajoakku kestää?

Akkukennoja voidaan vanhentaa keinotekoisesti lataamalla ja purkamalla niitä korkeassa lämpötilassa ja tämän perusteella esittää arvioita akkujen eliniästä.

Vielä 2010-luvun alussa ajateltiin, että sähköauton akun odotettavissa oleva elinikä on korkeintaan 10 vuotta. Todellisuudessa akut ovat osoittautuneet kestävämmiksi. Jotkut taas vetävät väärän johtopäätöksen akun takuuajan ja käyttöiän välille: ajatellaan, että akun kahdeksan vuoden takuu olisi sama kuin akun käyttöikä.

2010-luvun alun sähköautoilla ajetaan vieläkin alkuperäisellä akulla, eikä akkujen hajoamisen suhteen ole ollut ainakaan toistaiseksi mitään massaepidemiaa. Toki yksittäisiä akkuja on mennyt vaihtoon esimerkiksi teknisten vikojen takia.

Verrattavissa polttomoottoriautoon

Tämänhetkisen tutkimus- ja kokemustiedon perusteella voidaan esittää valistuneeksi arvaukseksi ajoakun taloudelliselle käyttöiälle 10–15 vuotta ja 200000–300000 kilometriä, mikä vastaa polttomoottoriauton käyttöikä.

Akkua kuluttavat sekä kalenteri-ikäntyminen että lataus- ja purkusyklit. Esimerkiksi monella taksi-Teslalla on ajettu viidessä vuodessa yli puoli miljoonaa kilometriä ilman, että kuljettaja on huomannut mitään alenemaa auton toimintamatkassa. Jos akku on jouduttu vaihtamaan, siihen on yleensä ajauduttu vian, ei kapasiteetin heikkenemisen vuoksi.

Isoakkuisella sähköautolla on kestävyys etu puolellaan. Koska akkua ei tarvitse purkaa joka päivä läheskään tyhjäksi, akku kuluu vähemmän. Akun kannalta on parempi, että se ladataan lähes täyteen ja sitä puretaan muutamia kymmeniä prosentteja. Huonompi vaihtoehto on odottaa, että akku on tyhjä ja ladata se sitten.

Nykyaikaiset ajoneuvokäyttöön suunnitellut akkukennot kestävät yli 3000 täyttä lataus- ja purkusykliä, ennen kuin niiden kapasiteetti on heikentynyt 20 prosenttia nimelliskapasiteetista. Tätä pidetään akkutekniikassa yleisenä sääntönä eliniän lopulle, vaikka akku toimii tämän rajan jälkeenkin. Jos purkusyklit ovat matalampia, pitenee syklistokin vastaavasti.

Koska vaihtoon?

Kun akun kunto hiipuu, myös sen kapasiteetti hiipuu ja hyötysuhde heikkenee. 15 vuotta vanha sähköauto kuluttaa enemmän energiaa kuin uunituore ja toimintamatka hiipuu sekun.

Onkin hyvä kysymys, milloin akun katsotaan olevan siinä kunnossa, että joko autosta tai akusta hankkiudutaan eroon. Yli kymmenen vuotta vanhaan autoon ei enää uutta akkua kannata laittaa, vaan ratkaisu on todennäköisesti tehdaskunnostettu tai tarkastettu käytetty akku. Jälkimmäinen voi olla purettu autosta, joka on lunastettu muun syyn kuin akun takia.

Polttomoottoriauton elämä päättyy yleensä yhtäkkiä. Autoon tulee niin kallis vika, että suhteessa auton arvoon sen korjaaminen ei ole taloudellisesti järkevää. Sähköautossa akun kapasiteetti hiipuu pikku hiljaa, mutta akku voi myös hajota yhtäkkiä. □

Akkulyhenteitä

SoC: *State of Charge*, akun varaustila. 100 % on täysi akku ja 0 % on tyhjä akku. Yleensä käyttäjälle näytetään eri lukema, kuin mitä ovat kennon sallitut ääriarajat. Auton näyttämä 0 % voi olla todellisuudessa 10 %.

DoD: *Depth of Discharge*, purkusyvyys. Saadaan vähentämällä sadasta prosentista SoC.

SoH: *State of Health*. Akunhallintajärjestelmän arvio akun kunnosta uuteen verrattuna. Se tarkoittaa usein jäljellä olevaa kapasiteettia. □

esimerkiksi suurentamalla nikkelin osuutta NMC-kennossa kasvaa kapasiteettikin. Akkukennovalmistaja LG myy pelkästään NMC-kennoja ainakin kuudella eri tavalla seostettuna.

Lämmönhallinta avainroolissa

Paras lämpötila litiumioniakun toiminnalle on huoneenlämpötilan tuntumassa. Liian kuumassa akkukennon sisäiset reaktiot nopeutuvat ja akut vanhenevat käyttökelpottomiksi nopeammin. Viileässä nämä reaktiot hidastuvat.

Toisaalta liian kylmässä akun kasvanut sisäinen resistanssi rajoittaa akusta saatavaa maksimivirtaa. Liian kylmässä lataaminen voi vaurioittaa akkua pysyvästi. Ilmiö liittyy hidastuneisiin reaktioihin akun sisällä ja elektrolyytin johtavuuden heikkenemiseen.

Auton käyttäjän ei tarvitse murehtia akun vaurioitumisesta, koska akunhallintajärjestelmä pitää huolen siitä, että käyttäjä ei toimiltaan voi vaurioittaa akkua. Esimerkiksi latausvirtaa rajoitetaan kylmässä ja lähes kaikissa nykyaikaisissa sähköautoissa on akun lämmitysjärjestelmä. Vastaavasti liian lämpimässä akkua jäähdytetään.

Akun jäähdytys ja lämmitys toteutetaan ilma- tai vesikierrolla. Molemmilla järjestelmissä on omat hyvät ja huonot puolensa. Vesikiertoinen järjestelmä pystyy siirtämään lämpöä tehokkaasti, mutta kun akkua pitää lämmittää kylmissä olosuhteissa, joudutaan samalla lämmittämään turhaan litrakaupalla nestettä. Se kasvattaa auton kulutusta etenkin ajossa, jossa ajetaan paljon lyhyitä matkoja ja auto seisoo ulkona.

Akunhallintajärjestelmä estää hajaannuksen

Ideaalimaailmassa kaikki akkukennot ovat ominaisuuksiltaan täsmälleen samanlaisia. Käytännössä kennojen välillä on pieniä eroja, mikä johtaa siihen, että eri sarjaan kytkettyjen kennojen jännite ja varaustila erkanevat pikku hiljaa toisistaan. Jos ilmiöön ei puututa, pitkällä aikavälillä osa kennoista ylilatautuu ja osa alipurkautuu ja akku voi vaurioitua. Tämän takia kennot pitää tasapainottaa.

Ei-ladattavista hybridautoista tutut nikkeli-metallihydridiakut kestävät ylilatausta hyvin, joten niiden kanssa ei tarvita kenno- tai kennoyhmäkohtaista jännitteen tarkkailua. Ne voidaan tasapainottaa yksinkertaisesti lataamalla akkua riittävästi.

Koska litiumioniakut eivät kestä ylilatausta käytännössä ollenkaan, ne tulee tasapainottaa aktiivisesti. Tähän on useita tekniikoita, joista tyypillinen käyttää rinnankytkettyjä transistoreita kennojen rinnalla. Tästä huolehtii akunhallintajärjestelmä, joka myös tarkkailee akun lämpötilaa useasta eri pisteestä.

Akunhallintajärjestelmä on käytännössä sulautettu tietokone, joka valvoo kennojen jännitteitä ja lämpötilaa. Järjestelmä ohjaa ja rajoittaa akun latausta ja purkamista sekä lämmitystä ja jäähdytystä niin, että akku pysyy turvallisella toiminta-alueella.

Tärinää ja tiiviyyttä

Kuluttajakäyttöön tarkoitettu ajoneuvo on todennäköisesti avaruus- ja ilmailusovellusten jälkeen haastavin ympäristö akkupaketin suun-

nittelulle. Akun tulee olla turvallinen normaalikäytössä sekä kestävä tärinää, kiihdytyksiä, jarrutuksia, korroosiota ja ajan hammasta. Lisäksi akun on oltava riittävän turvallinen törmäys- ja ulosajotilanteissa sekä paloturvallinen niin sisäisen kuin ulkoisenkin syttymissyyn tapauksessa.

Kelluva korkeajännitejärjestelmä

Henkilöauton 12 voltin sähköjärjestelmä on perinteisesti maadoitettu auton koriin johdinmateriaalin säästämiseksi. Ajovoima-akku ei maadoiteta sähköturvallisuuden ja toiminnallisen turvallisuuden takia. Tällaista järjestelmää kutsutaan kelluvaksi järjestelmäksi.

Jos ajoakun toinen napa olisi yhdistetty auton koriin, eristevika voisi aiheuttaa oikosulun ja valokaaren lisäksi äkillisen moottorin tehojen katoamisen, mikä voi aiheuttaa liikenneonnettomuuden. Kun järjestelmä on kelluva, yhden vian tilanne ei johda välittömään sähkönsyötön katkeamiseen.

Vastaavaa ratkaisua käytetään muun muassa lääkinätilojen sähköistyksessä, jossa katkeamaton sähkönsyöttö on elimellinen osa sähköturvallisuutta.

Kun akkua ei ole yhdistetty koriin, eristysvastusta korkeajännitejärjestelmän ja korin välillä voidaan valvoa. Vikaan voidaan reagoida ajoissa esimerkiksi varoittamalla kuljettajaa, että autolla voi ajaa menossa olevan matkan loppuun, mutta seuraavalla kerralla se ei enää käynnisty.

Tarkalleen ottaen akkua ei ole täysin eristetty korista, vaan se on kytketty koriin suurten vastusten välityksellä. Tämä parantaa sekä sähkömagneettista häiriönsietoa että mahdollistaa yksinkertaisen eristysvastustilan seurannan. □

Lähteet

Beard, Kirby (2019). *Linden's Handbook of Batteries*. 5. painos.

Korthauer, Reiner (2018). *Lithium-Ion Batteries: Basics and Applications*.

Warner, John (2019). *Lithium-Ion Battery Chemistries: A Primer*.



HKL:n entisen bussivarikon tiloissa mivan Autohuolto Karisteen korjaamossa on katto korkealla.

Helsingiläisen Autohuolto Karisteen yrittäjä Ilkka Kariste ei ole vielä toistaiseksi nähnyt tarvetta liittyä valtakunnalliseen auto- ja korjaamoketjuun. Oma toimiva palvelu on ykkösasia.

■ Pekka Virtanen

Palvelun merkitystä korostaa Ilkka Kariste työllänsä kahdella korjaamolla yhteensä 14 henkeä