



TEKNILLINEN TIEDEKUNTA

**POLTTOMOOTTORIKÄYTTÖISEN
HENKILÖAUTON MUUTTAMINEN
TÄYSSÄHKÖAUTOKSI**

Perttu Louhisalmi

KONETEKNIIKAN TUTKINTO-OHJELMA

Kandidaatintyö

Helmikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Polttomootorikäyttöisen henkilöauton muuttaminen täyssähköautoksi

Perttu Louhisalmi

Oulun yliopisto, konetekniikan tutkinto-ohjelma

Kandidaatintyö 2022, 31 s.

Työn ohjaaja yliopistolla: Miro-Tommi Tuutijärvi

Nykyautoilu on jatkuvasti menossa päästöttömämpään muotoon. Sen myötä sähköautojen suosio on kasvanut paljon. Sähköautot ovat tällä hetkellä arvokkaita hankintoja, joten kaikilla ei ole siihen varaa. Tähän tilanteeseen paras ratkaisu voisi olla polttomootoriautosta sähköautoksi muunnettava muunnossähköauto.

Tavoitteenani on tässä kirjallisuuskatsauksessa tutustua muunnettavan sähköauton vaatimuksiin sekä tarvittaviin komponentteihin ja toimilaitteisiin. Pyrin selvittämään jokaisen tärkeän komponentin haitat ja hyödyt sekä valitsemaan komponentit budjetti edellä. Polttomootoriauto on mahdollista muuttaa täyssähköautoksi, mutta se vaatii tiettyjä toimenpiteitä sekä osaavaa ammattilaista tekemään muutostyön. Tuloksia ei välttämättä voida yleistää, sillä ne ovat minun mielipiteitäni tutkimuksen pohjalta, ja tuloksia voidaan soveltaa vain pienempiin automalleihin.

Asiasanat: sähköauto, sähkömoottori, akku, sähköautomuunnos

ABSTRACT

Converting passenger car with an internal combustion engine to electric car

Perttu Louhisalmi

University of Oulu, Degree Programme of Mechanical Engineering

Bachelor's thesis 2022, 31 pp.

Supervisor at the university: Miro-Tommi Tuutijärvi

Motoring is constantly becoming more emission-free nowadays. By implication, the favor of electric vehicles has increased a lot. Electric vehicles are quite expensive nowadays so not everybody can afford to electric vehicle. The best solution to this problem could be an electric vehicle converted from vehicle with an internal combustion engine.

My goal is to get more knowledge about the demands of the conversion and components that are needed in the conversion. I am aiming to know the advantage and disadvantage of every important component and I am going to choose the best components with a low budget. A vehicle with an internal combustion engine is possible to convert to electric vehicle but a lot of procedures must be done in the conversion. Conversion must be done by a professional. The results cannot be generalized because they are only my opinions based on the research. The results can be used only to convert vehicles that are quite small.

Keywords: electric car, electric motor, battery, electric car conversion

SISÄLLYSLUETTELO

1 Johdanto	5
2 Lainsäädäntö.....	6
2.1 Viranomaisvaatimukset.....	6
2.2 Muutoskatsastus	7
3 Sähkömoottori	9
3.1 Sähkömoottorin toiminta.....	9
3.2 Tasasähkömoottori	10
3.3 Vaihtosähkömoottori.....	12
3.4 Napamoottori.....	13
3.5 Muut sähkömoottorityypit.....	14
3.6 Moottorin valinta	14
4 Akusto	16
4.1 Akku.....	16
4.2 Erilaiset akkutyypit	17
4.3 Akustonvalvontajärjestelmä	20
4.4 Akuston valinta	20
5 Muut toimilaitteet.....	22
5.1 Lataaminen.....	22
5.2 Ohjaus- ja jarrutehostin sekä jarrut	22
5.3 Lämmityslaitteisto ja ilmastointi.....	24
5.4 Muut toimilaitteet.....	25
6 Yhteenveto	27
LÄHDELUETTELO	29

MERKINNÄT JA LYHENTEET

AC	vaihtovirta (alternating current)
BMS	akustonvalvontajärjestelmä (battery management system)
DC	tasavirta (direct current)
Li-ion	litiumioni
PWM	pulssinleveysmodulaatio (pulse width modulation)

1 JOHDANTO

Tässä kandidaatintyössä on tarkoitus tutkia, mitä komponentteja polttomoottoriauton muuttaminen täyssähköautoksi vaatii. Lisäksi otetaan selvää, mitä muutettavan auton tieliikennekäyttöön saattaminen vaatii. Aihe valikoitui työni aiheeksi, koska kyseinen muutostyö voisi olla järkevä vaihtoehto vielä hyvinkin arvokkaiden sähköautojen korvaajana, erityisesti vähävaraisemmille ihmisille. Autoilu on tällä hetkellä kovasti menossa päästöttömämpään suuntaan, joten aihe on hyvinkin ajankohtainen ja mielenkiintoinen.

Pyrin pohtimaan sähköautoksi muuttamista yleisestä näkökulmasta enkä niinkään tietyn automallin näkökulmasta. Lisäksi tässä työssä ei ole tarkoitus keskittyä muunnossähköauton kokoamiseen, vaan perehtyä tarjolla oleviin komponentteihin ja pohtimaan millaisia komponentteja olisi järkevin valita niin hinta-laatusuhteen kuin käyttöään kannalta.

Tästä aiheesta ei ole saatavilla kovinkaan monta tutkimusta ainakaan suomen kielellä, joten päätin valita kyseisen aiheen. Aihe on luultavammin tulossa ajankohtaisemmaksi koko ajan, eletäänhän nyt jonkinlaisessa autoilun murrosvaiheessa.

2 LAINSÄÄDÄNTÖ

2.1 Viranomaisvaatimukset

Jotta polttomoottoriautosta sähköautoksi muunnettu auto saataisiin laillisesti tieliikennekäyttöön, vaaditaan auton muutokatsastus. Muunnetun auton elektroniikan on oltava hyväksytty ajoneuvo-EMC-direktiivien (2004/104/EY) mukaisesti. EMC-testissä katsotaan sähkö- ja elektroniikkatuotteiden elektromagneettista yhteensopivuutta keskenään, sillä kaikki sähköiset ja elektroniset laitteistot vaikuttavat toisiinsa elektromagneettisesti. Tällä testillä varmistetaan, etteivät laitteet pääse häiritsemään toisiaan oleellisesti vaikuttaen turvallisuuteen. Magneettikenttien terveysvaikutukset on huomioitava sähköauton rakentamisessa. Lisäksi muutettujen osien osuus on pysyttävä alle 50 %:ssa alkuperäisistä osista, muuten muutokatsastus ei riitä vaan auto rekisteröidään uutena auton.

Erityisen tärkeää on korkeajännitekaapeliin suojaus ja läpivientien huomioiminen auton rakenteissa. Ilman riittävää suojausta kaapelit aiheuttavat suurta paloturvallisuus- ja sähköturvallisuusriskiä. Palo- ja räjähdysturvallisuutta mietittäessä on huomioitava akut, niiden ominaisuudet erilaisissa olosuhteissa sekä käytön aikana. Akkujen sijoittamisella ja suojauksella on erityisen tärkeä rooli. Lisäksi mahdollisen polttoainekäyttöisen lisälämmittimen osalta on huomioitava palo- sekä räjähdysturvallisuus. Esimerkiksi miettimällä hyvä sijoituspaikka autossa saadaan tämä riski eliminoitua. Lisäksi on tiedettävä, että sähköauton sähkötöiden tekeminen ilman ammatillista pätevyyttä on laitonta, eli tällaiseen muutostyöhön ryhtyvän täytyy aina olla pätevoidetty alan ammattilainen. (Sähköautot - Nyt 2013)

Sähköauton muutoksen suunnittelijan on tehtävä tarkastelu sähköturvallisuudesta sekä auton käyttäjän että huoltomiehen kannalta. Suurjännitteiset osat, kuten akusto ja ajosähköverkko, on eristettävä asiallisella tavalla niistä osista, joihin on mahdollista päästä koskemaan. Akuston virtapiiri tulee olla eristetty kokonaan auton rungosta, jotta yksittäiseen eristyksen peittäminen ei vielä aiheuta oikosulkuja. Rungon kaikkien metallikoteloiden, joiden sisällä on virtapiirin osia, on oltava maadoitettuna auton

runkoon, jotta kotelot eivät pääse missään tilanteessa vaaralliseen jännitteeseen, vaan tätä ennen sulake palaa vikatilanteessa eliminoiden riskin oikosulkuun tai sähköiskun saamiseen. Komponentit ja johtimet on kiinnitettävä kunnolla, jotta niiden eristeet eivät pääse hankautumaan tärinässä rikki aiheuttaen oikosulun ja sitä kautta paloturvallisuusriskin. Johtimia on kiinnitettävä eristävillä kiinnikkeillä auton runkoon, eli metallisia kiinnikkeitä ei saa käyttää. Lisäksi läpivienteihin on lisättävä kumiset kaulukset, jotka vähentävät oleellisesti johtimien eristyksen kulumista. Sähköautossa on erikseen kaksi sähköjärjestelmää, 12V järjestelmä sekä ajoakun suurjännitejärjestelmä. Nämä kaksi järjestelmää pitää eristää riittävän hyvin toisistaan. Komponenttien on kestettävä käyttöolosuhteet, mm. tärinää, suuriakin lämpötilanvaihteluita ja kosteutta. (Sähköautot - Nyt 2014)

Ajoneuvon muuttaminen sähköiseksi on helpottunut 1.3.2021. Muutos koskee erityisesti uudempia autoja, sillä uudempien autojen osalta kevennetään EMC-testiä. Vanhempien autojen osalta merkittävimpiä turvallisuuteen liittyviä vaatimuksia on selkeytetty. Esimerkiksi muutoskatsastuksen yhteydessä ei enää pidä esittää selvitystä päästöistä tai melusta. Tällä muutoksella on haluttu lisätä autoilijoiden mahdollisuutta muuttaa jo olemassa oleva auto ympäristöystävälliseksi, sekä muuttaa vaadittuja testejä edullisemmiksi ja helpommiksi, turvallisuudesta tinkimättä. (Traficom 2021a)

2.2 Muutoskatsastus

Muutoskatsastus on pakollinen prosessi ennen kuin muunnettu sähköauto saadaan tieliikennekäyttöön, sillä käyttövoiman muutos vaatii aina muutoskatsastuksen. Muutoskatsastus vaaditaan, jos auton rakennetta tai käyttötarkoitusta muutetaan oleellisesti, auton osia tai varusteita muutetaan siten, että sen ominaisuudet tai käyttötarkoitus muuttuu oleellisesti, autoon kohdistuvan veron tai maksun edellytykset muuttuvat tai sen luokittelu- tai alaluokittelutieto muuttuu. (Traficom 2021b)

Muutoskatsastuksessa on esitettävä selvitys käytettävistä osista, osien sopivuudesta käyttötarkoitukseen, osien kiinnitystavasta, mahdollisista rungon vahvistuksista sekä vaihdettavien osien tai muutettavien rakenteiden lujuuksista. Muutoskatsastuksessa

punnitaan akselimassat, merkitään rekisteriotteeseen uusi omamassa ja akselimassat sekä määritetään ajoneuvon kantavuudet ja perävaunun vetomassa. Katsastuksessa myös kirjataan muutettujen osien osuus auton osista ja varmistetaan että muutosten osuus on alle 50 %. Jos auto on EY-tyyppihyväksytty (kaikki 1.1.1998 jälkeen rekisteröidyt autot), tyyppihyväksynnän vaatimukset pitää täytyä sähköautoksi muuttamisen jälkeenkin, esimerkiksi törmäysturvallisuuden osoittaminen voi olla haasteellista. (Sähköautot - Nyt 2013)

3 SÄHKÖMOOTTORI

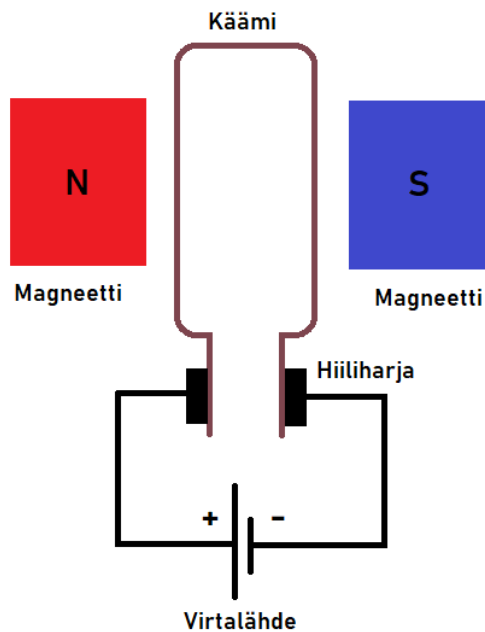
3.1 Sähkömoottorin toiminta

Sähkömoottorin avulla sähköenergiaa saadaan muutettua mekaaniseksi energiaksi, yleensä pyörimisliikkeeksi. Sähkömoottorissa on käämi eli kelalla olevia johtimia, jonka sisällä on metallinen magnetoituva kappale, yleensä rautaa. Kun käämin johtimeen tuodaan sähkövirtaa, se luo magneettikentän, joka myös magnetoii käämin sisällä olevan sydämkappaleen. Lisäksi moottorissa on myös toinen magneetti, joko kestopagneetti tai sähkömagneetti. Kun käämiin tuotu sähkövirta kytketään päälle ja pois oikealla taajuudella toisen magneetin napaisuuden huomioiden, saadaan moottori pyörimään. Eli sähkömoottori perustuu magneettiseen voimaan ja magneettikentän luomiseen oikealla hetkellä.

Sähkömoottorin pyörivää osaa sanotaan roottoriksi. Yleensä roottori on myös moottorin pyörimisosa sekä sisempi osa. Toisaalta moottorin paikoillaan olevaa osaa sanotaan staattoriksi. Sähkömoottori voi olla myös sellainen, että ulkokehä pyörii, jolloin sitä kutsutaan roottoriksi. Yksinkertaisimmassa sähkömoottorissa moottorin kuoressa on kestopagneetti ja akselissa käämi, ja sähkövirta viedään käämiin hiiliharjojen avulla. Kuvassa 1 on esitetty yksinkertaisin mahdollinen tasasähkömoottori. Se sisältää käämin, jossa on yksi kuparijohdin, kaksi erimerkkistä magneettia, virtalähteen, esimerkiksi pariston sekä hiiliharjat ja johtimet, joilla virta viedään käämiin. Lisäksi moottorissa pitäisi olla käämin keskellä akseli, jonka ympäri käämi pyörisi, mutta havainnollistamisen vuoksi se on jätetty pois kuvasta. (Aura ja Tonteri 1996, s. 119, 267)

Suurin osa sähkömoottoreista kykenee toimimaan myös generaattorina. Generaattori on laite, joka muuttaa mekaanista energiaa sähköenergiaksi, eli toimii juuri päinvastoin sähkömoottoriin verrattuna. Sähkömoottori voidaan muuttaa pienillä muutoksilla toimimaan myös generaattorina. Generaattoria käytetään paljon esimerkiksi voimalaitoksissa, missä turbiinin mekaaninen pyörimisliike muutetaan sähköenergiaksi ja viedään eteenpäin sähköverkkoon. Sähköautoa ajatellen generaattorina toimiva sähkömoottori on hyödyksi, sillä sen avulla voidaan ottaa jarrutusenergiaa talteen ja

varata sitä edelleen auton akkuihin. (Aura ja Tonteri 1996, s. 215) Sähkömoottorit voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan, tasasähkömoottorit (DC-moottorit) ja vaihtosähkömoottorit (AC-moottorit).



Kuva 1. Yksinkertainen malli sähkömoottorista.

3.2 Tasasähkömoottori

Tasasähkömoottori toimii nimensä mukaan tasavirralla ja se voi olla joko hiiliharjallinen tai hiiliharjaton, ns. brushless-moottori. Hiili- eli grafiittiharjojen avulla saadaan sähkövirta kulkemaan roottorilla olevaan kommutaattoriin eli virrankääntäjään. Kommutaattori on kytketty käämitykseen, joten tällaisen kytkennän avulla saadaan sähkövirta kulkemaan käämitykselle ja täten saadaan käämien avulla luotua vaihteleva magneettikenttä. Harjallinen moottori on huomattavasti yksinkertaisempi verrattuna harjattomaan, joten se on luonnollisesti myös edullisempi ja helpompi tuottaa. Harjallisen moottorin huonona puolena voidaan pitää sen kestoikää verrattuna harjattomaan, hiiliharjat nimittäin kuluvat käytössä, joten ne täytyy vaihtaa tietyn käyttöajan jälkeen. Lisäksi moottorin kommutaattori kuuluu hieman harjojen kohdalta, mutta se voidaan

sorvata tasaiseksi, jolloin sitä ei tarvitse vaihtaa. Tosin sorvaaminen on mahdollista vain tiettyyn rajaan asti, sillä se kuluu ohuemmaksi sorvatessa. Sähkövirran kulkeutuessa harjoista kommutaattoriin voi syntyä kipinöintiä, joka voi pahimmassa tapauksessa vaurioittaa moottoria. Kipinöintiä syntyy eniten, kun moottoriin johdetaan suurella jännitteellä virtaa sekä kun moottori on kuormituksen alla. Hiiliharjojen kuluessa syntyy sotkevaa grafiittipölyä, joka on syytä poistaa moottorista esimerkiksi hyvän tuuletuksen avulla. Lisäksi grafiittipöly voi aiheuttaa huonoa kontaktia harjojen ja kommutaattorin välillä sekä kertyessä väärään paikkaan jopa moottorin jumiumisen. Hiiliharjallinen moottori saavuttaa maksimivääntömomenttinsa vain tietyllä kierroksen kohdalla. (Sähköautot - Nyt 2017)

Yksinkertaisesti selitettynä harjattomassa moottorissa sen roottorissa on kestopagneetti ja staattorissa sähkömagneetit, joita ohjataan tietyssä tahdissa sähköisesti. Kuvassa 2 näkyy harjattoman moottorin staattorissa olevat sähkömagneetit. Näin saadaan moottori pyörimään siten, että roottoriin ei tarvitse viedä sähkövirtaa harjojen avulla, koska muuttuvat sähkömagneetit ovat staattorissa. Koska harjaton moottori on elektronisesti ohjattu, saadaan moottorista maksimivääntömomentti kaikilla kierrosalueilla, mikä lisää moottorin hyötysuhdetta huomattavasti. Harjaton moottori on huomattavasti pitkäikäisempi verrattuna harjalliseen, sillä moottorissa ei ole kuluvia osia, kuten hiiliharjoja ja kommutaattoria. Tämän ansiosta myös moottorista lähtevä ääni ei ole niin voimakasta kuin harjallisessa. Yleisesti harjatonta moottoria pidetään myös luotettavampana. Koska harjatonta moottoria ohjataan elektronisesti, voidaan sen kierrosnopeutta ja väännöntuottoa säätää käyttöolosuhteiden mukaisesti. Esimerkiksi liikkeellelähdössä voidaan ottaa maksimivääntö ulos moottorista ja täten ripeä kiihdytys tarvittavaan ajonopeuteen, kun taas tasaisessa ajossa voidaan moottoria säätää antamaan riittävä vääntömomentti tasaisen liikkeen ylläpitämiseen. Täten saadaan pienennettyä moottorin sähkönkulutusta. Harjaton moottori on hieman haastavampi ja kalliimpi valmistaa verrattuna harjalliseen. (Renesas 2022)

3.3 Vaihtosähkömoottori

Vaihtosähkömoottorin toiminta perustuu pyörivään magneettikenttään, jota roottorin magneetit lähtevät seuraamaan. Pyörivä magneettikenttä luodaan tietynlaisella käämityksellä. Vaihtosähkömoottoria kutsutaan joko epätahti- tai tahtimoottoriksi riippuen siitä, pyöriikö roottori tämän magneettikentän kanssa samalla vai eri nopeudella. Epätahtimoottorissa roottori pyörii eri nopeudella eli epätahdissa staattorikäämityksen kehittämän pyörivän magneettikentän kanssa. Epätahtimoottorit jaetaan edelleen kolmeen alakategoriaan: kolmivaiheinen oikosulkumoottori, yksivaiheinen oikosulkumoottori ja liukurengasmoottori. Näistä kolmesta eniten käytetty on kolmivaiheinen oikosulkumoottori, koska kyseisessä moottorissa pyörivän magneettikentän muodostamiseen ei tarvita mitään lisälaitteita, vaan se syntyy moottorin käämityksen takia itsestään. (Aura ja Tonteri 1996, s. 119–120)

Tahtimoottori poikkeaa hieman epätahtimoottorista niin rakenteellisesti, kuin ominaisuuksiltaan. Roottorit ovat näissä moottoreissa erilaiset, mutta staattorit samanlaiset. Tahtimoottoria voidaan käyttää vain vakiopyörimisnopeudella, eli laajan vaihteiston käyttö on välttämätöntä sähköautossa. Tahtimoottoreita on olemassa niin hiiliharjallisia kuin -harjattomia. (Aura ja Tonteri 1996, s. 255–257)

Vaihtosähkömoottorit voidaan jakaa myös kahteen eri luokkaan riippuen sen käämistavasta, induktio- eli oikosulkumoottoreihin (epätahtimoottori) ja kestomagneettimoottoreihin. Oikosulkumoottorissa roottorissa on oikosuljettu häkkikäämi. Staattorin luodessa pyörivän magneettikentän roottorin käämille syntyy magneettikenttä, joka lähtee seuraamaan staattorin pyörivää magneettikenttää ja moottorin akseli alkaa pyöriä. Kestomagneettimoottoreissa roottorissa on käämityksen sijasta kestomagneetteja, mutta tätä moottorityyppiä ei ole yleisesti käytetty sen ylikuormituskestämättömyyden takia, sillä ylikuormitettuna moottori lämpenee voimakkaasti ja suuri lämpökuorma voi häiritä kestomagneettien magneettisuutta jopa poistaen sen. Kestomagneettimoottoria ei myöskään voida rullata vapaasti toisin kuin induktimoottoria, ellei staattorin magneettikenttää pyöritetä mukana. (Ahtiainen 2021)

Vaihtosähkömoottori ei tarvitse vaihteistoa sen laajan kierrosalueen ja suuren vääntömomentin takia. Lisäksi kyseinen moottori on mahdollista rakentaa nestejäähdytteiseksi, mikä lisää moottorin käyttöikä. Yleisesti vaihtosähkömoottori on hieman kalliimpi toteuttaa, mutta sen hyötysuhde on parempi verrattuna tasasähkömoottoriin. Sähköautossa virran ollessa tasavirtaa voidaan vaihtosähkömoottoria käyttää erillisen invertterin avulla, joka muuttaa tasavirran kolmivaiheiseksi vaihtovirraksi. (Sähköautot - Nyt 2017)

3.4 Napamoottori

Yleensä sähköauton moottori on sijoitettu keskelle autoa akselin tai akseleiden kohdalle, samaan kohtaan missä polttomoottorikäyttöisessä autossa tasauspyörästö olisi. Sähkömoottoreita on yksi akselia kohden, eli taka- tai etuvetoisessa autossa olisi yksi moottori ja nelivetoisessa kaksi. Napamoottori on tästä poikkeus, sillä se sijaitsee suoraan auton akselin navassa, eli auton pyörä kiinnitetään itse napamoottoriin kiinni. Valmistajasta riippuen jarrut voivat olla joko moottorin sisällä tai ulkona. Napamoottorin yksi vahvuus on se, että se säästää auton korista huomattavan määrän tilaa ja napamoottorilliseen autoon voidaankin akkukapasiteettia lisätä hieman verrattuna normaaliin sähköautoon. Lisäksi napamoottoria käytettäessä ei autoon tarvitse lisätä akseleita ja tasauspyörästöä, mikä vähentää auton massaa hieman. Auton hallintaa voidaan myös parantaa napamoottorin avulla, sillä jokaista moottoria voidaan ohjata erikseen esimerkiksi liukkaassa kaarteessa. Normaalissa autossa tämä on ratkaistu ajovakaudenhallintajärjestelmällä, joka liukkaassa tilanteessa käyttää jarruja säätämään yksittäisen renkaan käyttäytymistä. Lisäksi napamoottoria voidaan ainakin periaatteen tasolla käyttää myös sähkömagneettisena jarruna perinteisten jarrujen tukena, mikä lisää auton turvallisuutta. Toisaalta napamoottorit lisäävät auton jousittamatonta massaa, mikä taas vähentää auton suorituskykyä ja ajo-ominaisuuksia. Napamoottorit ovat suhteellisen kalliita valmistaa, sillä siitä halutaan saada mahdollisimman kevyt ja tehokas moottori. Lisäksi jarrujen sijoittaminen voi olla haasteellista napamoottorilla varustetussa autossa. (Protean 2022)

3.5 Muut sähkömoottorityypit

Sähkömoottoreita on myös muutamia muita erityyppisiä, mutta ne eivät ole tämän työn kannalta oleellisia. Mainittavan arvoisia ovat askelmoottori ja lineaarimoottori. Askelmoottorissa roottori saadaan pyörähtämään juuri halutun askelmäärän, esimerkiksi 90 astetta. Askelmoottoreita voidaan käyttää autoissa esimerkiksi säätämään ilmastointikanavien läppiä, millä ohjataan ilman kulkua. Lineaarimoottori poikkeaa muista sähkömoottorityypeistä, sillä sen roottori ei pyöri, vaan moottorin liikkuva osa liikkuu lineaarisesti. Lineaarimoottoria on käytetty joissain rautatiesovelluksissa sekä vuoristoradoissa. (Aura ja Tonteri 1996, s. 328, 336)

3.6 Moottorin valinta

Tasasähkömoottori olisi ideaali vaihtoehto, kun mietitään auton sähköjärjestelmää. Sähköauton akuista saatava virta on tasavirtaa. Tasasähkömoottorityypeistä hiiliharjaton olisi parempi vaihtoehto kalliimmasta hinnasta huolimatta, sillä se olisi käyttövarmempi ja käytännössä huoltovapaa moottori. DC-moottorin ohjaaminen on suhteellisen helppoa jännitettä ja virtaa muuttamalla. DC-moottorissa on kuitenkin kaksi oleellista haittapuolta. Nimittäin yksinkertainen tasavirtamoottorisysteemi, mikä konversioautoihin yleensä asennetaan, ei kykene ottamaan jarrutusenergiaa talteen. Jotta tämä olisi mahdollista, täytyisi autoon asentaa huomattavasti kalliimpi ja monimutkaisempi järjestelmä. Lisäksi autolla peruuttaminen vaatii vaihteiston, sillä DC-moottorin pyörimissuunnan muuttaminen vaatisi hieman monimutkaisemman järjestelmän, mikä luonnollisesti on kalliimpi ratkaisu.

Sähköauton tasasähköjärjestelmä on suhteellisen yksinkertaista muuttaa vaihtosähköiseksi sopivan invertterin avulla. Lisäksi tietynlaisen invertterin käyttö mahdollistaa peruuttamisen AC-moottorilla ilman vaihteistoa, invertteri vain moottorin vaihteistusta ja moottori alkaa pyöriä eri suuntaan. Vaihtosähkömoottorin kanssa ei ole välttämätöntä käyttää vaihteistoa sen suuren kierrosalueen ja tehokkaan vääntöalueen ansiosta. AC-moottorilla yksinkertaisellakin järjestelmällä jarrutusenergian talteenotto on mahdollista moottorin rakenteen ansiosta. (PrimecomTech 2019)

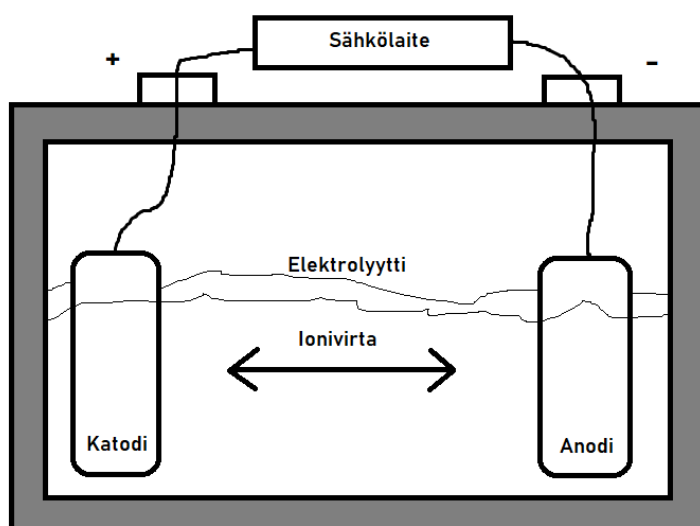
Konversioautoon olisi edullisinta valita yksi tai kaksi hiiliharjallista DC-moottoria riippuen siitä, halutaanko autosta neli-, etu- tai takavetoinen. DC-moottoreita on helposti ja edullisesti saatavilla, ja sitä on helppo ohjata. Konversioautoa suunniteltaessa yleensä budjetti on rajoittava tekijä, joten hienot ominaisuudet, kuten jarrutusenergian talteenotto ei ole tarpeellinen. Lisäksi edullisen konversioauton ei oleteta kestävän tavanomaisen sähköauton lailla, joten tästäkin syystä voidaan valita harjallinen DC-moottori. Konversioauto tulee lähes kaikissa tapauksissa lyhyeen ja rauhalliseen ajoon, joten harjallinen moottori on tähän tarkoitukseen aivan sopiva. Yleensä myöskään teho ja suorituskyky eivät ole avainasemassa konversioautossa, joten voidaan valita edullinen ja pieni, mutta riittävän tehokas DC-moottori. Moottori olisi hyvä sijoittaa auton akselille keskelle siten, että molemmat vetoakselit olisivat saman pituiset. Peruuttamista varten täytyisi lisätä pieni vaihteisto, jonka avulla saadaan muutettua auton kulkusuunta. Lisäksi vaihteistona voitaisiin käyttää esimerkiksi variaattorivaihteistoa. Lisäksi DC-moottoriautossa auton sähköjärjestelmä on hieman yksinkertaisempi. Napamoottori ei ole suotuisa vaihtoehto tässä yhteydessä sen monimutkaisuuden takia, ja ei ole kannattavaa lisätä autoon jousittamatonta massaa.

4 AKUSTO

4.1 Akku

Akku on laite, joka varastoi kemiallista energiaa ja muuttaa sen sähköenergiaksi. Akussa on kaksi napaa eli elektrodiä, miinusnapa, joka on kytketty anodiin, ja plusnapa, joka on kytketty katodiin. Akussa tapahtuu kaksi kemiallista reaktiota, ladatessa elektrolyysi ja purkaessa hapetus-pelkistysreaktio. Elektrodiin välissä on elektrolyytti, jota pitkin ionit virtaavat akun sisällä. Sähkövirta kehittyy, kun reaktiossa vapautuneet elektronit virtaavat ulkoisen piirin tai sähkölaitteen läpi anodilta katodille. Kuvassa 2 on esitetty yksinkertainen malli akusta. Elektronien liike on kyseisessä mallissa vastapäivään eli anodilta sähkölaitteen kautta katodille.

Käytännössä akut on rakennettu kennoista, jotka ovat ikään kuin pieniä akkuja. Kytkemällä sarjaan kennoja saadaan halutun suuruinen jännite aikaan. Akku eroaa siinä mielessä paristosta, että paristossa ei tapahdu kuin yksi reaktio, eli paristoa ei voida ladata elektrolyysin avulla kuten akkua. (Teknillinen korkeakoulu 1998)



Kuva 2. Yksinkertainen malli akusta.

(mukaillen Teknillinen korkeakoulu 1998)

Sähköautoissa on yleisesti käytetty satoja pieniä kennoja, jotka yhdessä muodostavat kennostoja. Kennojen kokoa ja muotoa voidaan hyödyntää akkujen sijoittelussa autoon, sillä mitä pienempiä kennostot ovat, sitä useampaan ahtaaseen paikkaan niitä voidaan sijoittaa. Tästä on paljon hyötyä erityisesti konversioautossa, sillä autoa ei ole suunniteltu akuston ympärille, toisin kuin nykyiset sähköautot ovat.

Esimerkiksi sähköautovalmistaja Teslan yleisin akkupaketti sisältää 7104 kappaletta 18650-tyyppistä li-ion-akkua, joka on hyvin yleinen akkutyypin esimerkiksi otsalampuissa ja sähkötyökaluissa. Yksi akku on 65 mm pitkä ja halkaisijaltaan 18 mm oleva lieriö, eli hieman suurempi kuin AA-paristo. Tällainen akkupaketti on noin 85 kWh suuruinen. Tällaisen yksittäisen 18650-akun latausjännite voi maksimissaan olla 4,2 volttia. Valmistaja antaa akulle maksimilatausvirraksi 2A. Tällaisen 85 kWh akuston maksimilataustehoksi voidaan laskea seuraavalla kaavalla:

$$P = U * N * I = 4,2 \text{ V} * 7104 * 2 \text{ A} = 59,7 \text{ kW},$$

missä U on latausjännite [V], N on akkujen lukumäärä sekä I on latausvirta [A]. Teslan mukaan tällaisella 85 kWh akustolla ajaa noin 460 km normaalioloissa, mutta konversioautoon ei näin suuren kantaman akustoa ole edullista ja kannattavaa laittaa. (Pressman 2017)

4.2 Erilaiset akkutyypit

Yleisimmät akkutyypit ovat lyijyhappoakku, nikkelikadmiumakku (NiCd), nikkelimetallihybridiakku (NiMH), litiumioniakku (Li-ion) sekä litiumpolymeeriakku (LiPo). Taulukossa 1 on esitelty tarkemmin eri akkutyypin ominaisuuksia ja käyttökohteita.

Taulukko 1. Erilaisten akkutyypin ominaisuuksia.

(mukaillen Schumm 2021)

Tyyppi	Kemia	Yleisimmät käyttökohteet	Ominaisuuksia
Lyijyhappo	Lyijyanodi, lyijyoksidikatodi sekä rikkihappoelektrolyytti	Käytetään eniten autoissa ja sähköpyörätuoleissa	Halpa, painava, pitkä elinkaari
Alkaliakku			
Nikkelikadmium	Kadmiumanodi, nikkelioksidikatodi sekä kaliumhydroksidielektrolyytti	Käytetään sähkötyökaluissa, puhelimissa ja biolääketieteen ratkaisuisa	Erinomainen suorituskyky raskaassa käytössä, pitkä elinkaari, myrkyllinen väärinkäytettäessä
Nikkelimetallihybrid	Nikkeliseosanodi, nikkelioksidikatodi sekä kaliumhydroksidielektrolyytti	Käytetään palovaroittimissa, sähkötyökaluissa, puhelimissa	Hyvä suorituskyky raskaassa käytössä, ympäristön kannalta turvallinen
Litiumakku			
Litiumioni	Hiilianodi, litiumkobolttidioksidikatodi sekä orgaaninen elektrolyytti	Matkapuhelimet, kannettavat tietokoneet	Suhteellisen kallis, ei niin paljon lataussyklejä kuin nikkeli-kadmiumakulla
Litiumpolymeeri	Hiilianodi, litiumkobolttidioksidikatodi sekä polymeerielektrolyytti	Samat käyttökohteet kuin litiumioniakulla	Samat kuin litiumioniakulla, joskin turvallisempi elektrolyytin ansiosta, mahdollisuus tehdä taipuisa akku

Akkuja voidaan luokitella myös niiden toisen ominaisuuden mukaan, nimittäin energiatiheuden. Energiateiheys tarkoittaa yksinkertaisesti akun kykyä varastoida sähköenergiaa massaa tai tilavuutta kohden. Eli energiatehokkaampi akku vähentää akuston ja sitä kautta auton massaa oleellisesti. Tosin energiatehokkaammat akut ovat yleensä kalliimpia. Taulukkoon 2 on koostettu yleisimpien akkutyypin energiatihedät. (Motiva 2020)

Taulukko 2. Erilaisten akkutyypin energiatihedksiä

Tyyppi	Energiateiheys (Wh/kg)
Lyijyhappo	noin 30
Nikkelikadmium	noin 50
Nikkelimetallihybrid	noin 60
Litiumioni	noin 120
Litiumpolymeeri	parhaimmillaan noin 200

Konversioautolla yleisin ajotyyl

Sähköautossa on kaksi erillistä sähköjärjestelmää, itse korkeajännitteinen ajosähköjärjestelmä ja tavanomainen 12 V sähköjärjestelmä. Sähköautosta löytyy siis polttomoottoriautostakin tuttu 12 V akku, joka toimii valojen, mukavuustoimintojen ja sähköisten ohjaustoimintojen virranlähteenä. Tätä 12 V akkua ladataan

korkeajänniteakun kautta muuntajan avulla. Lisäksi tätä matalajännitejärjestelmää tarvitaan kytkemään korkeajännitteinen ajoakku päälle ja pois. (Kokkonen 2019)

4.3 Akustonvalvontajärjestelmä

Akustonvalvontajärjestelmä eli BMS (battery management system) on hyvin tärkeässä roolissa akuston toiminnan kannalta. BMS löytyy miltei jokaisesta nykyaikaisesta akulla toimivasta laitteesta, jossa on li-ion-akku. Se tarkkailee jatkuvasti akuston jokaisen akun jännitettä ja säätelee sitä, sillä litiumioniakku on hyvin herkkä sekä liialliselle tyhjenemiselle sekä yllilataamiselle. Lisäksi mikään akku ei ole identtinen, joten ilman BMS:ää jokainen akku latautuisi hieman eri jännitteeseen, mikä ei ole koko akuston näkökulmasta hyvä asia, sillä matalimmassa jännitteessä oleva akku puretaan ensin, jolloin maksimitehoa ei saada akusta otettua irti. BMS myös huolehtii akuston turvallisuudesta, sillä se mittaa jatkuvasti esimerkiksi akkujen lämpötilaa, ja säättää akun lataustehoa tai purkamisnopeutta siten, että se on mahdollisimman turvallista ja tehokasta. Akustonvalvontajärjestelmä pystyy diagnosoimaan mahdolliset vikatilanteet sekä tiedottamaan niistä kuljettajalle. Pahimmassa vikatilanteessa se voi jopa kytkeä akuston pois päältä välttääkseen esimerkiksi tulipalon. BMS myös optimoi lataustilannetta, sillä li-ion-akkua ladataan kahdessa osassa. Ensiksi akkua ladataan vakiovirralla nimellisjännitteeseen, jolloin varaustila on noin puolet maksimista. Tämän jälkeen akkua ladataan vakiojännitteellä, minkä on oltava nimellisjännitteen suuruinen, jotta akku latautuu oikein. Akustonvalvontajärjestelmä on siis kuin akuston aivot, ja sen tehtävänä on ohjata akuston oikeanlaista toimintaa tilanteessa kuin tilanteessa. (Embitel 2021)

4.4 Akuston valinta

Sähköautomuunnoksessa kallein komponentti on akusto. Konversiossa ei ole järkevää käyttää lyijyakkuja, vaikka ne ovatkin halpoja ja helposti saatavissa. Lyijyakut ovat painavia, hankalan kokoisia sekä turhan suuria. Niitä ei ole helppoa sijoittaa polttomoottoriauton koriin järkevästi siten, että saataisiin sopivan kokoinen akusto. Sen sijaan voidaan käyttää joko valmista akustopakettia tai tilata suoraan akkuvalmistajalta sopivan kokoinen ja muotoinen akusto. Näistä kahdesta vaihtoehdosta edullisemmaksi

tulee hankkia valmis paketti. Esimerkiksi EVshop myy akustopaketteja verkossa. Kia Soulin 400 voltin ja 30 kWh akustopaketti maksaa siellä noin 5000 euroa. Akusto painaa noin 200 kilogrammaa. (EVshop 2022) Akustoa valittaessa niinkään akkutyypillä ei ole suurta vaikutusta konversioautossa, sillä valmistajalla on varmasti riittävän hyvä tietotaso siitä, millainen akusto kannattaa mistäkin akkutyypistä valmistaa. Akustoa valitessa on hyvä ottaa huomioon budjetti, valmistaja, käyttöjännite, akuston kapasiteetti sekä akuston muoto ja koko.

5 MUUT TOIMILAITTEET

5.1 Lataaminen

Sähköauton lataaminen onnistuu sekä kotona, että latauspisteilläkin, kunhan autoon asennetaan standardien mukainen latausjärjestelmä. Kotona ladattaessa normaalista sukopistorasiasta latausvirta on rajoitettu 8 A virtaan, jolloin latausteho on 1,84 kW. ($P=U \cdot I$) Tällöin 30 kWh akuston tyhjästä täyteen lataamiseen menisi noin 16 tuntia. Muunnossähköautoon tämä on riittävä latausaika, sillä autoa ei ole tarkoitettukaan pitkien matkojen ajamiseen, jolloin harvoin akustokaan on aivan tyhjillään. Eli jos autoa ladataan kotona yöllä, pääsisi käyttäjä varsin hyvin esimerkiksi autolla töihin ja takaisin kotiin. Suko-latauslaitteita ei suositella pitkäaikaiseen käyttöön, vaikka laki ei sitä kielläkään. On suositeltavaa hankkia kiinteä latausasema kotiin, sillä kotitalouspistorasioita ei ole tarkoitettu pitkäaikaiseen rasittavaan käyttöön. Muunnossähköautoon riittänee tavallinen kotitalouteen asennettava kiinteä latausasema, josta saadaan aiemmin laskettu noin 1,8 kilowatin latausteho, vaikka esimerkkiakuston teoreettinen latausteho onkin aiemmin laskettu noin 60 kW. Kuitenkaan valmistaja harvoin pitää akuston lataustehona laskettavaa teoreettista maksimitehoa.

Kotona ladattaessa kyseisellä 1,8 kW:n teholla kylmissä olosuhteissa täytyy auto kytkeä laturiin mahdollisimman pikaisesti ajon päätyttyä, sillä lämpötilan ollessa esimerkiksi alle $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, lataaminen voi vahingoittaa akkua. Lisäksi kotilaturin 1,8 kW teho ei välttämättä riitä edes lämmittämään akkua latauslämpötilaansa ennen varsinaista lataamista. Siksi on suositeltavaa liittää auto laturiin, kun akusto on lämmin ajamisen jälkeen. (Kokkonen 2021)

5.2 Ohjaus- ja jarrutehostin sekä jarrut

Ohjaustehostin on autoilijan apuväline, jonka tehtävänä on vähentää ohjauksen jäykkyyttä. Lisäksi ohjaustehostin voi olla ajotilanteeseen mukautuva, jolloin paikoillaan ollessa se auttaa enemmän kuin esimerkiksi moottoritienopeuksissa. Polttomoottorikäyttöisissä autoissa yleisesti käytetty ohjaustehostin on hydraulinen

pumppu, joka saa käyttövoimansa moottorista. Sähköautoissa tällaista ei luonnollisesti voida käyttää. Nykyisissä autoissa, niin polttomoottori- kuin sähköautoissa, käytetään sähköistä ohjaustehostinta. Se toimii samalla tavalla kuin perinteinenkin ohjaustehostin, erona on vain se, että pumppua pyörittää sähkömoottori polttomoottorin moniurahihnan sijaan. Tämän myötä ohjaustehostimen pumppu on helpompi sijoittaa, kun sillä on oma moottorinsa. On myös mahdollista käyttää ilman hydraulikkaa toimivaa ohjaustehostinta. Siinä sähkömoottori vaikuttaa suoraan hammastankoon ja sitä kautta renkaiden ohjaukseen. (Juhala ym., 2005, s. 579–581)

Jarrutehostin on yksi auton oleellisia turvallisuusvarusteita. Se nimensä mukaisesti tehostaa jarrutusta lisäten kuljettajan jarrupolkimella luomaa painetta jarrusylinteriin ja sitä kautta itse jarruihin. Jarrutehostin toimii alipaineen, erilaisten venttiilien ja kalvojen avulla. Polttomoottorissa alipaine saadaan joko suoraan imusarjasta tai se luodaan erillisellä alipainepumpulla, joka ottaa käyttövoimansa moottorista. Sähköautoon pitää siis lisätä sähkömoottorilla toimiva alipainepumppu, jotta jarrutehostin saisi tarvittavan alipaineen. On olemassa myös BAS-jarruassistentti, joka takaa riittävän korkean jarrutuspaineen nopeasti hätäjarrutuksessa. BAS on yhdistetty perinteiseen jarrutehostimeen. Se ei ole välttämätön lisävaruste, mutta jos se on edullisesti saatavissa, on syytä harkita sen lisäämistä konversioautoon. (Juhala ym., 2005, s. 591–593)

Erästä vaihtosähkömoottoria eli epätahtimoottoria kyetään käyttämään myös jarruna. Sähköinen vääntömomentti on pyörivän magneettikentän suuntainen sähkömoottorissa. Epätahtimoottorissa tietyllä kierrosalueella roottori pyörii vastakkaiseen suuntaan kuin magneettikenttä, joten se toimii tällä kyseisellä kierrosalueella jarruna. (Aura ja Tonteri 1996, s. 180–181) Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää sähköautossa, jossa on oikeanlainen vaihtosähkömoottori voimanlähteenä. Tästä ominaisuudesta on joissain tilanteissa suurta hyötyä, esimerkiksi voimakkaassa jarrutuksessa saadaan jarrujen rinnalle sähkömoottori jarruttamaan, mikä voi lyhentää jarrutusmatkaa. Lisäksi moottori voi toimina eräänlaisena adaptiivisena jarruna esimerkiksi ruuhkatilanteessa tai kaupunkiajossa, jossa autossa olevat kamerat ja tutkat havaitsevat ympäristöään ja niiden avulla auto jarruttaa tai kiihdyttää moottorillaan. Myös pitkässä alamäessä sähkömoottorin jarruominaisuudesta on huomattava etu. Näin itse pääjarrut eivät kulu tai kuumene liiaksi pitkässä tasaisessa jarrutuksessa. Konversioautossa tätä ominaisuutta

päästään harvoin käyttämään hyväksi, sillä yleensä konversioauto varustetaan budjettisyyistä DC-moottorilla, jolla tätä jarruominaisuutta ei ole. Lisäksi konversioautoissa on hyvin harvoin niin kehittyneitä antureita, tutkia ja järjestelmiä, että esimerkiksi ruuhka-ajo saataisiin toteutettua.

Sähköautossa käytetään yleisesti tavanomaisia levyjarruja kuten polttomoottoriautossakin. Jos muutettava auto on niin vanha, että siinä on jarruina, yleensä vain takajarrut, rumpujarrut, voidaan muutoksen yhteydessä harkita niiden vaihtamista levyjarruihin, sillä se on suhteellisen nopea ja edullinen muutos.

5.3 Lämmityslaitteisto ja ilmastointi

Polttomoottorikäyttöinen auto ottaa ohjaamoon puhallettavan lämmön moottorin jäähdytysnestestä. Jäähdytysneste kiertää lämmityslaitteen kennon läpi ja lämmityslaitteen puhallin puhaltaa lämmitettävän ilman kennon läpi. Sähköautoissa kennon tilalle täytyy lisätä sähkövastuksella toimiva lämmitin, koska sähköauton moottorista saatava lämpö on niin vähäistä, ettei se riitä lämmittämään auton ohjaamo. Yleensä sähköauton moottorissa ei ole edes nestejäähdytystä, jolloin moottorista saatavaa lämpöä on hankala siirtää ohjaamoon. Muuten lämmityslaitteen toimintaperiaate on sähköautossa sama kuin polttomoottoriautossakin.

Autossa ilmastointi on haluttu ja tarvittu lisävaruste, sillä korkeissa lämpötiloissa autossa on todella tuskallista matkustaa. Yksinkertaisesti selitettynä ilmastointi perustuu järjestelmässä kiertävän kylmäaineen paineen ja tilavuuden muuttamiseen, jolloin myös sen lämpötila muuttuu. Polttomoottorikäyttöisen auton ilmastoinnin kompressori ottaa käyttövoimansa moottorin moniurahihnasta. Sähköautoissa ilmastointi toimii muuten samalla tavalla, mutta kompressoriin on pitänyt lisätä sähkömoottori pyörittämään sitä. Ilmastointi toimii samalla tavalla kennon avulla kuin lämmityslaitte, eli puhaltimen edessä on ilmastoinnin kenno, jonka läpi puhalletaan ilmaa, jolloin ilma viilenee.

Myös akusto tarvitsee jäähdytystä ja lämmitystä toimiakseen optimaalisesti. Akusto ei saa kuumeta tai kylmetä liikaa, sillä akuston elinikä kärsii huonoissa olosuhteissa. Yleensä sähköautoissa on akustolle oma lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmä, joka

kierrättää oikean lämpöistä jäähdytysnestettä akustoon rakennetuissa kanavissa. Jäähdytykseen riittää vain kenno, jonka läpi virtaava neste jäähtyy ilmavirran avulla. Kylmissä oloissa ajettaessa akustossa kiertävää nestettä lämmitetään erillinen sähkövastus. (Richard 2018)

5.4 Muut toimilaitteet

Akkukäyttöisissä sovelluksissa harjallisia DC-moottoria on käytännöllisintä ja tehokkainta säätää pulssinleveysmodulaation eli PWM:n avulla. Moottoria voidaan ohjata myös eräänlaisella jännitteensäätimellä, millä moottorin käyttöjännitettä säädetään kaasupolkimen asennon mukaan, mutta PWM on parempi vaihtoehto sähköautossa. PWM siis säätää moottoria kytkemällä sen tietynä hetkenä päälle ja pois riippuen moottorin kuormituksesta tietyillä taajuuksalueilla. PWM-ohjauksella on korkeampi hyötysuhde, joten se parantaa akun ja auton komponenttien käyttöikä. Lisäksi moottorista saadaan otettua paras teho joka tilanteessa. (Kedia 2020)

Muunnossähköautoon on lisäksi tehtävä riittävästi ohjelmointia, jotta auto saadaan toimimaan oikein. Suurimmissa osassa autoissa on vikadiagnostiikkajärjestelmä, joka on ohjelmoitava tunnistamaan sähköauton mahdolliset vikatilanteet. Polttomoottorikäyttöisessä autossa moottoria ohjaa eräänlainen tietokone, ECU (engine control unit). ECU:n tilalle on laitettava esimerkiksi PWM-ohjain, joka säätää sähkömoottorin pyörimisnopeutta kuljettajan tarpeiden mukaisesti. Lisäksi BMS ja latausjärjestelmä on kytkettävä yhteen niin, että BMS kykenee säätämään latausta akun varauksen ja olosuhteiden mukaisesti. Myös latausjärjestelmä on oltava sellainen, että se lämmitäisi ensiksi akkua riittävään lämpötilaan ennen lataamista akuston omalla lämmitysjärjestelmällä, mikäli akkua ladataan kylmissä olosuhteissa. Konversioautoon kaasupoljin ei suuresti eroa polttomoottoriauton kaasupolkimesta, jos se on sähköisesti ohjattu. Moottorinohjain lukee kaasupolkimen asennon anturilla ja muuttaa moottorin kierrosnopeutta asennon mukaisesti. Autoihin, joissa kaasu välittyy vajjerilla, on kaasupoljinta hieman muutettava vastaamaan nykyaikaista poljinta. Nykyään vajjerivälitykset ovat kuitenkin melko harvinaisia.

Nykyautoissa on hyvin paljon erilaisia elektroniikan avulla toimivia kuljettajaa avustavia järjestelmiä. Niitä ovat muun muassa pysäköintitutkat ja -kamerat, adaptiivinen vakionopeudensäädin, ajonvakautusjärjestelmä, kaarrevalot, automaattiset kaukovalot jne. Nämä lisävarusteet voidaan pitää konversioautossa, kunhan niihin ei tehdä muutoksia. Toki esimerkiksi ajonvakautusjärjestelmää ohjaavaan tietokoneeseen täytyy auton uusi massa ja painosuhde määrittää, jotta järjestelmä toimisi oikein.

Auton ohjaamon sähkölämmityksen lisäksi voitaisiin rinnalle asentaa polttoainekäyttöinen lisälämmitin kylmimpien olosuhteiden varalle. Tosin täyttäisikö auto tällaisessa tilanteessa täyssähköauton määritelmän.

6 YHTEENVETO

Sähköautokonversiossa täytyy muistaa, ettei kuka tahansa saa tehdä muutostyötä, sillä sähkötöiden tekeminen vaatii riittävän koulutuksen ja perehdytystason, varsinkin suurjännitteisiä töitä tehdessä. Auton on täytettävä lain vaatimat vaatimukset, mikäli sen haluaa liikennekäyttöön. Yleensä Suomessa sähköautokonversioita tekevätkin siihen hyvin perehtyneen yritykset. Täyssähköautot rakennetaan yleensä suoraan akuston ympärille, joten akustojen sijoittaminen luo pieniä haasteita muunnostyössä. Konversioautoon tulee hyvin tilaa esimerkiksi konepellin alle moottorin tilalle sekä auton takaistuimien ja takatavaratilan alle polttoainesäiliön tilalle, jonne voidaan akustoa, moottorin ohjausta ja muita komponentteja sijoittaa. Onneksi sähkömoottori kytetään sijoittamaan taka-akselille siten, ettei runkoon tarvitse tehdä juurikaan muutoksia, takavetoisessa autossa oikeastaan suoraan tasauspyörästön tilalle ja etuvetoisessa autossa polttoainesäiliön tilalle. Akustoa sijoittaessa on muistettava akuston riittävä suojaus ja kotelointi onnettomuustilanteiden varalta. Akustoa ja komponentteja voidaan sijoittaa konversioautoon siten, että saadaan ihanteellinen painosuhte autoon.

Tässä työssä esitetty sähkökonversio ei sovellu perävaunun vetoautoksi, vaikka autossa olisikin vetokoukku. Auton moottori vaatii huomattavasti enemmän sähköä vetotilanteessa ja ajoakusto voi kuumeta voimakkaasti. Myös auton toimintasäde kärsii raskaassa käytössä luonnollisesti ja muunnettavassa autossa toimintasäde ei alun perinkään ole järin suuri. Lisäksi DC-moottorin hielet kuluvat ja kipinöintiä tapahtuu eniten suuressa kuormituksessa.

Pyrin tässä työssä pohtimaan muunneltavaa autoa budjetti edellä, ja komponentit on valittu matalaa budjettia myötäillen. Polttomoottoriauton muuttaminen täyssähköautoksi on suhteellisen työläs ja vaikea prosessi, sillä siinä täytyy ottaa useita eri tekijöitä huomioon, kuten komponenttien turvallinen sijoittaminen ja auton toiminnan takaaminen haastavissakin ajo-olosuhteissa. En pystynyt käsittelemään kaikkia muutoksessa vaadittavia komponentteja ja laitteita perinpohjaisesti, sillä lähteitä oli hyvin vaikea löytää. Esimerkiksi lataamisesta ja moottorin ohjauksesta oli niukasti lähteitä saatavilla.

Lisäksi valmistajat eivät yleensä halua paljastaa akustojensa tekniikkaa, joten akustoistakin oli hieman haastavaa löytää lähteitä.

Konversioautosta poistettavista osista voi olla hyötyä. Esimerkiksi moottori, vaihteisto, moottorinohjausyksikkö, polttoainejärjestelmä sekä voimansiirto voidaan myydä varaosina eteenpäin. Niistä voidaan saada satoja, jopa tuhansia euroa riippuen muunnettavan auton merkistä ja mallista. Tämä luonnollisesti toisi helpotusta budjettiin. Kuitenkin pitää huomioida se, että onko kukaan valmis ostamaan polttomoottoriauton osia. Tämä tietysti riippuu pitkälti siitä, onko muunnettava auto harvinaisen, sillä autoharrastajat varmasti jatkavat harrastuksiaan polttomoottoriautojenkin parissa autojen sähköistymisen jälkeen. Eli budjettiin ei ole syytä laskea myytävien varaosien hintaa, sillä ei ole varmuutta siitä, menevätkö ne kaupaksi.

Monet eri harrastajat ovat muuttaneet autojaan konversioautoiksi. Yleensä autot ovat projektityyppisiä hieman vanhempia autoja, esimerkiksi Volkswagen Kupla on ollut suhteellisen suosittu konversioauto. Muita muunnettuja autoja ovat esimerkiksi Volvo 760 GLE vm. 1987, Citroen 2CV vm. 1970 ja Porsche 944 vm. 1984. On myös joitain konversioautoihin perehtyneitä yrityksiä, mm. Ranskalainen Transition-One muuntaa polttomoottoriautoja sähköautoiksi. Yrityksen muuntamia autoja ovat Fiat 500, Renault Twingo 2, Renault Clio 3 ja Volkswagen Polo 4, eli uudehkoja pieniä kaupunkiautoja. Suomalaiset yritykset Grips Garage Oy sekä Retro-EV Oy maahantuovat, kunnostavat ja muuntavat retroautoja sähköautoiksi.

LÄHDELUETTELO

Ahtiainen L., 2021. Sähköautoilun ABC: Sähkömoottoreissa on eroja, Moottori [verkkolehti]. Saatavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/sahkoautoilun-abc-sahkomoottoreissa-on-eroja/> [viitattu 16.1.2021]

Aura L., Tonteri A., 1996. Sähkökoneet ja tehoelektronikan perusteet. Porvoo, WSOY, 544 s. ISBN 951-0-20167-7

Embitel, 2021, Battery Management System for Electric Vehicle: Ensuring Safety and Reliability of Electric Vehicles [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.embitel.com/blog/embedded-blog/battery-management-system-ensuring-safety-and-reliability-of-electric-vehicles> [viitattu 26.1.2022]

EVshop, Kia EV Soul 400V 30kWh battery pack [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://evshop.eu/en/batteries/299-kia-ev-soul-400v-30kwh-battery-pack.html> [viitattu 26.1.2022]

Juhala M., Lehtinen A., Suominen M., Tammi K., 2005. Moottorialan sähköoppi. Jyväskylä, Gummerus Kirjapaino OY, 609 s. ISBN 951-9155-19-8

Kedia S., 2020. Controlling Brushed DC Motors Using PWM, Machine Design [verkkolehti]. Saatavissa: <https://www.machinedesign.com/materials/article/21125511/controlling-brushed-dc-motors-using-pwm> [viitattu 28.1.2022]

Kokkonen E., 2021. Sähköauton lataaminen kotona: mitä eri tapoja siihen on? Moottori [verkkolehti]. Saatavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/sahkoauton-lataaminen-kotona-mita-eri-tapoja-siihen-on/> [viitattu 28.1.2022]

Kokkonen E., 2019. Tiedätkö miten sähköauton akut toimivat? Volkswagen kertoo, Moottori [verkkolehti]. Saatavissa: <https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/tiedatko-miten-sahkoauton-akut-toimivat-volkswagen-kertoo/> [viitattu 26.1.2022]

Motiva, Akut [verkkodokumentti]. Saatavissa:

https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/akut [viitattu 25.2.2022]

Pressman M., 2017. Understanding Tesla's lithium ion batteries, Evannex

[verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://evannex.com/blogs/news/understanding-teslas-lithium-ion-batteries> [viitattu 26.1.2022]

PrimecomTech, 2019, What types of motors are used in electric vehicles?

[verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.primecom.tech/blogs/news/what-types-of-motors-are-used-in-electric-vehicles> [viitattu 12.1.2022]

Protean, Homepage [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.proteanelectric.com/>

[viitattu 20.1.2022]

Renesas, What are Brushless DC Motors [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://www.renesas.com/us/en/support/engineer-school/brushless-dc-motor-01-overview> [viitattu 12.1.2022]

Richard R., 2018. Here's how the air conditioning system in an electric car works,

Overdrive [verkkolehti]. Saatavissa: <https://www.overdrive.in/news-cars-auto/features/heres-how-the-air-conditioning-system-in-an-electric-car-works/> [viitattu 27.1.2022]

Schumm B., 2021. Battery, Britannica [verkkodokumentti]. Saatavissa:

<https://www.britannica.com/technology/battery-electronics/Primary-batteries> [viitattu 25.1.2022]

Sähköautot – Nyt, 2011, Akut ja akustojenvalvontajärjestelmä (BMS)

[verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.sahkoautot.fi/wiki:akut> [viitattu 26.1.2022]

Sähköautot – Nyt, 2013, Sähköautomuunnoksen viranomaisvaatimukset [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.sahkoautot.fi/wiki:sahkoeautokonversion-viranomaisvaatimukset> [viitattu 20.11.2021]

Sähköautot – Nyt, 2014, Sähköautojen sähköturvallisuus [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.sahkoautot.fi/wiki:sahkoeautojen-sahkoeurvallisuus> [viitattu 20.11.2021]

Sähköautot – Nyt, 2017, Moottori [verkkodokumentti]. Saatavissa: <http://www.sahkoautot.fi/wiki:moottori> [viitattu 9.1.2022]

Teknillinen korkeakoulu, 1998, Tietoverkkolaboratorio [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.netlab.tkk.fi/opetus/s38118/s98/htyo/34/rakenne.shtml> [viitattu 25.1.2022]

Traficom, 2021a, Auton muuttaminen sähkö-, kaasu-, tai etanolikäyttöiseksi helpottuu [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/ajankohtaista/auton-muuttaminen-sahko-kaasu-tai-etanolikayttoiseksi-helpottuu> [viitattu 20.11.2021]

Traficom, 2021b, Muutoskatsastus [verkkodokumentti]. Saatavissa: <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/muutoskatsastus?toogle=Esimerkkej%C3%A4%2C%20milloin%20ajoneuvo%20on%20viet%C3%A4v%C3%A4%20muutoskatsastettavaksi%3A%20> [viitattu 20.11.2021]