

Ilkka Tuomola

SÄHKÖAUTON KÄYTTÖ PIENKIINTEISTÖN VARAVOIMAN
LÄHTEENÄ

Sähkötekniikan koulutusohjelma
2012

SÄHKÖAUTON KÄYTTÖ VARAVOIMAN LÄHTEENÄ

Tuomola, Ilkka
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Lokakuu 2012
Ohjaaja: Pulkkinen, Petteri
Sivumäärä: 20

Asiasanat: sähköautot, akut, lataus, sähköjärjestelmät

Opinnäytetyössä tutkittiin teoreettisesti mahdollisuuksia käyttää sähköautoa pienkiinteistön varavoiman lähteenä. Työssä todettiin, ettei sähköautojen käyttö pienkiinteistöjen varavoimana ole järkevää, sillä tarvittavat muutostyöt ja niiden kustannukset ovat moninkertaiset saavutettavaan hyötyyn nähden. Tilanne olisi toinen, mikäli sähkön hinta määräytyisi kysynnän mukaan tunneittain, jolloin sähköauton akustoa voisi käyttää energiavarastona ja käyttää sitä sähkön hinnan ollessa korkea.

Työssä todettiin, että Suomessa sähköautoja voitaisiin hyödyntää mökkien sähköistyksessä nykyisten aurinkosähköjärjestelmien korvaajana tai rinnalla. Sähköauton liittäminen 12 voltin järjestelmän tehonlähteeksi ei vaadi kalliita muutoksia auton rakenteeseen ja sähköautosta saatava energia riittää hyvin viikonlopun maltilliseen mökkikäyttöön. Rajoitteena toki on paluumatkalle tarvittava energia, mikäli ajoneuvon ainoa voimanlähde on sähkö.

ELECTRIC VEHICLES AS A SOURCE OF RESERVE POWER

Tuomola, Ilkka

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree programme in electrical engineering

October 2012

Supervisor: Pulkkinen, Petteri

Number of pages: 20

Keywords: electric vehicles, batteries, electrical systems

The purpose of this thesis was to research possibilities of using electric vehicles as a reserve power supply for domestic use. It was pointed out that the use of electric vehicles as backup power makes no sense, because the costs of necessary modifications are many times greater than the benefits achieved. Situation would be different if the price of electricity was defined on hourly basis according to demand. In this case, the energy stored in the vehicles battery could be used when price of electricity is high.

I came to the conclusion that in Finland electric vehicles could be utilized in electrification of summer cottages. The auxiliary battery of electric vehicle could be connected to the 12-volt DC system of the cottage. Electric vehicles have a built-in charging system that maintains the auxiliary battery charge as long as the traction battery has enough power. On-board DC-DC converter used for charging has output power up to 2 kW that is enough to power up a summer cottage. This does not require costly changes to the structure of the vehicle, so it would be viable option instead of expensive solar power system.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	VARAVOIMA SUOMESSA.....	6
3	SÄHKÖAUTOISSA KÄYTETTÄVÄT AKKUTYYPIT JA NIIDEN SOVELTUVUUS VARAVOIMAKÄYTTÖÖN.....	6
3.1	NiMH -akut.....	7
3.2	NiCd akut.....	7
3.3	Li-Ion akut	8
4	SÄHKÖAUTOTYYPIT JA NIIDEN SOVELTUVUUS VARAVOIMAKÄYTTÖÖN	8
4.1	Akkukäyttöiset sähköautot.....	8
4.2	Polttokennokäyttöiset hybridautot	9
4.3	Plug-in hybridautot	9
4.4	Hybridautot	10
5	SÄHKÖAUTOJEN LATAUSSTANDARDIT JA NIIDEN SOVELTAMINEN VARAVOIMAKÄYTTÖÖN	10
5.1	Lataustyyppi 1.....	11
5.2	Lataustyyppi 2.....	12
5.3	Lataustyyppi 3.....	12
5.4	Lataustyyppi 4.....	13
6	SÄHKÖN SIIRTO AKUSTA VERKKOON.....	14
6.1	Vaihtosuuntaus auton sisäänrakennetun latausjärjestelmän avulla.....	15
6.2	Vaihtosuuntaus hyödyntämällä ajomoottorin vaihtosuuntaajaa	15
6.3	Siirto tasasähköllä	16
6.4	Mökin sähköistys	16
7	SÄHKÖAUTOJEN KÄYTTÖ MAAILMALLA	17
8	YHTEENVETO	18
	LÄHTEET.....	20

1 JOHDANTO

Opinnäytetyöni tarkoituksena on selvittää nykyisten markkinoilla olevien sähköautojen soveltuvuutta varavoimakäyttöön. Työssäni tutkin teoreettisesti autoissa käytettävien akkujen soveltuvuutta varavoiman tuottamiseen. Lisäksi selvitän, ovatko autonvalmistajat varautuneet autojensa käyttämiseen varavoiman lähteenä ja millaisia muutoksia autoihin tulisi tehdä varavoimakäytön mahdollistamiseksi. Koska aihe on laaja, ja jokainen varavoimaratkaisu tulisi suunnitella rakennus ja ajoneuvo kohtaisesti, olen käsitellyt työssäni erilaisia ratkaisuja vain periaatetasolla, ilman tarkempia teknisiä yksityiskohtia. Sähköautoja käsittelevä standardi on Euroopassa ja Yhdysvalloissa vasta työn alla, joten latauksessa käytettävien liittimien, sekä ajoneuvon ja latauspisteen välisestä kommunikaatiosta löytyi hyvin monenlaista tietoa lähteestä riippuen. Tästä syystä en ottanut työssäni juurikaan kantaa miten ohjaus latauksen ja varavoimakäytön aikana tulisi toteuttaa.

2 VARAVOIMA SUOMESSA

Suomessa varavoiman tarve on melko vähäistä verrattuna Keski-Eurooppaan tai Yhdysvaltoihin, sillä Suomi pystyy helposti säätelemään tuotantoaan vesivoimaloilla (takaisin pumppaus kun kulutusta ei ole). Lisäksi pohjoismainen sähköpörssi Nord Pool mahdollistaa kulutushuippujen tasaamisen, joten tuotannon säätely kulutuksen mukaan ei vaadi Suomessa suurta varavoimareserviä. Tästä syystä sähköautojen käyttö varavoiman lähteenä ei ole Suomessa herättänyt kovin suurta kiinnostusta. Myös Suomen pitkät välimatkat haittaavat sähköautojen käyttöä varavoimana, sillä akun kapasiteetti tarvitaan autolla ajamiseen, eikä varavoimakäytölle jää riittävästi reserviä.

Suomessa sähköautojen pääasiallinen varavoimakäyttö olisikin kesämökkien sähköistäminen ja pienkiinteistöjen varavoiman tuotanto alueilla, joihin sähkö tulee ilmajohdoilla ja sähkökatkot ovat yleisiä. Fortumilla vuonna 2011 sähkökatkon keskimääräinen kesto asiakasta kohden (SAIDI) oli 565 minuuttia ja vuonna 2010 104 minuuttia (Fortum, 2012). Koska sähkökatkojenkin määrä on nykyään Suomessa melko vähäinen, tulee miettiä onko sähköauton ja talon sähköjärjestelmän muokkaaminen varavoimakäyttöön soveltuvaksi kannattavaa 2-10 tunnin vuosittaisen varavoimakäytön vuoksi.

3 SÄHKÖAUTOISSA KÄYTETTÄVÄT AKKUTYYPIT JA NIIDEN SOVELTUVUUS VARAVOIMAKÄYTTÖÖN

Syväpurkaussyklillä tarkoitetaan akun varauksen purkamista niin, että akkuun jää noin 20% akun maksimi varauskyvystä. Syväpurkaminen lyhentää huomattavasti kaikkien akkutyyppien käyttöikää, joten akkujen liiallinen purkaminen varavoiman tuottamiseksi ei ole kannattavaa.

3.1 NiMH -akut

Ajoneuvokäyttöön tehtyjen NiMH -akkujen elinikä on noin 1350 syväpurkaussykliä ja kemiallinen elinikä noin 10-15 vuotta. Toisinaan tapahtuva pitkäkestoinen varavoimakäyttö ei oleellisesti lyhennä akun käyttöikää, mutta päivittäinen käyttö esimerkiksi kulutushuippujen tasaamiseen pudottaa akun eliniän alle neljään vuoteen. Varavoimakäytön aikana akun tulisi pysyä alle 40°C lämpötilassa, joten auton akuston tuuletuksen pitäisi olla käytössä varavoimakäytön aikana, jotta vältytään liialliselta kemialliselta vanhenemiselta lämpötilan vaikutuksesta. Autoissa käytetään tavanomaisesti noin 250 kg:n akustoa, jonka varauskyky NiMH akulla on noin 13 kWh:a. Täydellä akulla saavutetaan maksimissaan noin viiden tunnin varavoimakäyttöaika (80% syväpurkaus, 120m² kiinteistön keskimääräinen tehontarve 2 kW). Kaikki ajoneuvokäyttöön tehdyt akut kykenevät tuottamaan pienikiinteistön vaatiman huipputehon (3x25A:n pääsulakkeilla ~17,25kW), sillä se on murto-osa ajoneuvojen ajomoottorin tehosta. NiMH- akulla varustetussa autossa ei siis akuston suorituskyvyn puolesta ole esteitä varavoimakäyttöön kunhan riittävästä tuuleduksesta on huolehdittu. Jos varavoimakäyttö on säännöllisesti toistuvaa ja pitkäkestoista, tulee miettiä onko se taloudellisesti kannattavaa akun nopean vanhenemisen takia. NiMH akku kestää noin 300 000 8% purkaussykliä, joten lyhytaikainen noin 30 minuutin varavoimakäyttö ei lyhennä akun elinikää juuri lainkaan.

3.2 NiCd akut

NiCd –akkujen elinikä on myös noin 1350 syväpurkaussykliä tai 10-15 vuotta. Sen varauskyky on hieman huonompi kuin NiMH –akulla ja 250 kg:n akusto antaa noin 8,8 kWh:n varauskyvyn. Täydellä akulla saavutetaan noin 3,5 tunnin varavoimakäyttöaika (80% syväpurkaus, 120m² kiinteistön keskimääräinen tehontarve 2 kW). Myös NiCd –akku soveltuu hyvin varavoimakäyttöön ja sekin kestää noin 300 000 8% purkaussykliä (noin 20 minuutin varavoimakäyttö). Kuten NiMH akussakin toistuva pitkäkestoinen varavoimakäyttö vaatii taloudellisia kannattavuuslaskelmia nopean eliniän lyhenemisen vuoksi. Myös jäähtytyksestä on huolehdittava, sillä akku lämpenee purkautuessaan.

3.3 Li-Ion akut

Litium-ioni akut kestävät noin 1000 syväpurkaussykliä tai 10-15 vuotta. 250 kg:n akuston varauskyky on noin 23,4 kWh:a, joten maksimaalinen varavoimakäyttöaika täydellä akulla on yli yhdeksän tuntia (80% syväpurkaus, 120m² kiinteistön keskimääräinen tehontarve 2 kW). Li-Ion akut kuitenkin kestävät huonosti syväpurkamista ja ovat kalliita, joten pitkäaikainen varavoimakäyttö ei ole järkevää. Li-Ion akkujen varauskyky on kuitenkin huomattavasti suurempi kuin nikkeliakuilla, joten Li-Ion akuilla päästään huomattavan pitkiin varavoimakäyttöaikoihin ilman syväpurkamistakin.

4 SÄHKÖAUTOTYYPIT JA NIIDEN SOVELTUVUUS VARAVOIMAKÄYTTÖÖN

4.1 Akkukäyttöiset sähköautot

Akkukäyttöisten sähköautojen (Battery Electric Vehicles, BEVS) akun varauskyky on tavallisesti 25-40 kWh ja akkujännite 200-350V (Pistoia, 2010).

Tämän tyyppisten ajoneuvojen voimanlähteenä on ainoastaan sähkömoottori ja akku ladataan verkkosähköllä latauspisteestä. Akkukäyttöiset sähköautot soveltuvat akkunsu puolesta hyvin varavoiman lähteeksi, sillä niiden akuston varauskyky on suuri ja se on suunniteltu kestämaan useita purku- ja lataussyklejä. Akkukäyttöisten sähköautojen sähkömoottorit ovat tehokkaita, joten niiden akustot on suunniteltu kestämaan suuria virtoja, eikä pienikiinteistön vaatiman huipputehon arvo ole kuin murtoosa akun kestävästä maksimivirrasta. Varavoimakäytön maksimi kesto rajoittuu akuston kokoon, eikä autolla voida enää ajaa ilman latausta jos liian suuri osa akun kapasiteetista on kulutettu varavoiman tuottamiseen.

4.2 Polttokennokäyttöiset hybridautot

Polttokennokäyttöisissä ajoneuvoissa (Fuel Cell Hybrid Electric Vehicles, FCHEV) on energian lähteenä 10-40kW polttokenno, jonka tuottama energia varastoidaan pieneen akustoon, jonka varauskyky on yleensä 1-2 kWh. Tämän tyyppisen ajoneuvon nimellisjännite on useimmiten 220V. (Pistoia, 2010.)

FCHEV tyyppisen ajoneuvon akusto on liian pieni varavoimakäyttöä ajatellen, mutta jos ajoneuvon polttokennoa käytetään varavoimakäytön aikana, pystytään ajoneuvolla tuottamaan varavoimaa pienkiinteistöön niin kauan kun ajoneuvon polttoainetankissa on vetyä ja happea jäljellä. Polttokennokäyttöisen ajoneuvon akustoa ei ole suunniteltu ladattavaksi ulkoisesta lähteestä, joten auton käyttö varavoimana vaatii käyttöön sopivan liitäntapisteen rakentamisen, vaihtosuuntaajan, sekä muutoksia polttokennon ohjausyksikköön. Polttokennokäyttöisiä autoja ei ole vielä Suomen markkinoilla, mutta General Motors valmistaa HydroGen mallinimellä autoja Yhdysvaltojen markkinoille.

4.3 Plug-in hybridautot

Suurin osa autonvalmistajista on lähivuosina tuomassa Suomen markkinoille plug-in hybridimalleja. Niissä on sähkömoottorin lisäksi polttomoottori, joten autolla voidaan ajaa vaikka sen akuston varaus käytettäisiinkin kokonaisuudessaan varavoimakäyttöön. Plug-in hybridien akuston varauskyky on 5-15kWh ja nimellisjännite 200-350V valmistajasta riippuen (Pistoia, 2010). Plug-in hybrideissä akuston kapasiteetti ei riitä kovin pitkään varavoimakäyttöön, mutta se riittää mökkikäyttöön ja lyhyiden sähkökatkojen ajaksi. Plug-in hybridit on tehty ladattaviksi ulkoisesta lähteestä, joten niissä varavoimakäyttöön muuntaminen onnistuu vähemmällä työllä kuin muissa sähköautotyypeissä. Plug-in hybridien akustoa ei kuitenkaan ole suunniteltu kestämään syväpurkamista, joten liiallinen akun purkaminen lyhentää akun kestoikää huomattavasti. Varavoimakäytön jälkeen akun varauksen olisi hyvä jäädä noin 40% tasolle maksimivarauksesta, joka tulisi ottaa huomioon varavoimajärjestelmän ohjaukseltaessa.

4.4 Hybridiautot

Hybridiautot kulkevat pääosin polttomoottorilla, mutta niissä on pieni sähkömoottori, jolla saadaan pudotettua kulutusta. Autoissa on pieni 2-3 kWh akusto jonka nimelliskäyttöjännite on 200-350V. (Pistoia, 2010.)

Akkuja ei ole tehty ladattaviksi ulkoisesta lähteestä, joten varavoimakäyttö vaatii muutoksia auton rakenteeseen. Ajoneuvoon pitää lisätä liitäntäpiste, vaihtosuuntaaja, muuntaja, sekä ohjausyksikkö vaihtosuuntaajalle. Akusto on pieni, joten se ei pienkiinteistön tehonlähteeksi riitä edes tunniksi ilman syväpurkamista. Mökin sähköistämiseen hybridiauto kuitenkin riittää, sillä akuston tyhjeneminen ei estä autolla ajoa. Muutuskustannusten ja saavutettavan hyödyn kannalta hybridiautot eivät kuitenkaan ole varteenotettavia vaihtoehtoja varavoimakäyttöön edes mökillä.

5 SÄHKÖAUTOJEN LATAUSSTANDARDIT JA NIIDEN SOVELTAMINEN VARAVOIMAKÄYTTÖÖN

Sähköautojen lataamiseen käytettävät laitteistot on standardoitu ja ne esitellään kansainvälisessä standardissa IEC 61851-1. Lataustyypit on jaoteltu neljään ryhmään. Standardeissa ei vielä ole ohjeita sähkönsiirtoon autosta verkkoon päin, mutta kahdessa lataustyypissä käytettävä laitteisto sisältää tarvittavat kaapeloinnit varavoimakäytön kannalta.

5.1 Lataustyyppi 1

Tyypin 1 latauksessa sähköauto kytketään suoraan enintään 16A:n yksi- tai kolmi-vaiheiseen vaihtojänniteliitintään käyttäen IEC 60309 mukaisia standardoituja liittimiä, jotka on esitelty kuvassa 1. Autossa on integroitu laturi, joka huolehtii tasasuuntauksesta ja akun tarvitsemasta latausvirrasta. Syöttävä verkko tulee olla suojattu sulakkeella tai johdonsuojakatkaisijalla ylivirtojen välttämiseksi. Lisäksi maadoituksen pitää olla kunnossa ja liitäntä tulee olla suojattu 30mA:n vikavirtasuojalla. Autonvalmistajat ovat siirtymässä pois tästä lataustyyppistä, sillä siinä ei ole varmistusta auton oikeasta kytkemisestä tai maadoituksen jatkuvuudesta. Lisäksi tämä lataustapa on hidas ja soveltuu siksi lähinnä sähkömopojen lataamiseen. Auton lataajalla ei myöskään ole välttämättä tietoa onko lataukseen käytettävä pistorasia suojattu vikavirtasuojalla. (Pistoia, 2010.) Tyypin 1 lataus ei sovellu varavoimakäyttöön sellaiseenaan, sillä auton ja talon sähköjärjestelmän välillä ei ole datayhteyttä, joten auton latausjärjestelmä ei saa tietoa milloin varavoimaa pitäisi syöttää verkkoon päin. Vaikka datayhteys saataisiinkin järjestettyä esim. langattomasti, tulisi kytkennän heikko tehonsiirtokyky rajoittavaksi tekijäksi varavoimakäytön kannalta.



Kuva 1. Tyypin 1 ja 2 latauksessa käytettävät liittimet

5.2 Lataustyyppi 2

Tyypin 2 lataus hyödyntää samoja liittimiä kuin tyypin 1 latauskin, mutta tässä liittäjäjohtoon vaaditaan suojalaiteyksikkö, joka varmistaa että ajoneuvo on oikein kytketty ennen latauksen aloittamista ja sisältää vikavirtasuojan. (Pistoia, 2010.) Tässäkään latausstandardissa ei ole datayhteyttä auton ja talon sähköverkon välillä, eikä se siten sovellu sähkön siirtoon autosta verkkoon. Tässäkin lataustyyppissä heikko tehonsiirtokyky on esteenä varavoimakäytölle, vaikka datayhteys saataisiin toimimaan langattomasti.

5.3 Lataustyyppi 3

Tyypin kolme lataus on suunniteltu ainoastaan sähköautojen lataamiseen vaihtosähköllä. Auton liittämiseen käytetään tällä hetkellä useita erilaisia liittimiä, sillä liittimien standardointi ei ole vielä valmis. Kaikki liitintyypit on suunniteltu mahdollistamaan latauksen suurilla virroilla. Eniten käytetyt liittimet, jotka mitä luultavimmin tulevat standardin mukaisiksi liittimiksi on esitelty kuvassa 2. Järjestelmään kuuluu latauksen ohjaus- ja suojaustoiminnot, joten lataustyyppi mahdollistaa myös tehon siirron ajoneuvosta sähköverkkoon, mikäli auton latausjärjestelmä on rakennettu tähän käyttöön soveltuvaksi. Standardissa ei ole vielä annettu ohjeistusta kommunikatiosta ajoneuvon ja sähköverkon välillä varavoimakäytössä, joten auton latausjärjestelmään ja talon älykkääseen sähköverkkoon pitää tehdä ohjelma joka hoitaa varavoimasyötön ohjauksen. Tähän tarkoitukseen löytyy erilaisia Open Source -sovelluksia, sekä joitakin kaupallisia tuotteita Yhdysvaltojen markkinoilta. Koska kaupalliset tuotteet on tehty Yhdysvaltojen markkinoille, ne eivät toimi Suomessa eri verkkojännitteen vuoksi. Open Source-ohjelmista pystyy todennäköisesti muokkaamaan parametrejä Suomen sähköverkkoon sopivaksi. Lisäksi auton ja talon sähköverkon välille tarvitaan sopiva muuntaja jos akun jännite ei riitä 230V AC tuottamiseen vaihtosuuntaajalla.



Kuva 2. Mennekes-pistoke vasemmalla ja SAEJ1772-pistoke oikealla. Mennekes-pistokkeessa on 3 vaihetta, nolla ja maadoitusliittimet, sekä kaksi liitintä datasiirtoon. SAEJ1772 liittimessä vaihe, nolla ja maadoitusliitin, sekä kaksi liitintä datasiirtoa varten. (SAE, 2012.)

5.4 Lataustyyppi 4

Tyypin 4 lataus on myös suunniteltu ainoastaan sähköautojen lataamiseen. Siinä käytetään auton ulkopuolista pikalaturia ja sähköön siirto ajoneuvoon tapahtuu tasasähköllä. Järjestelmään kuuluu latauksen ohjaus- ja suojaustoiminnot. Tämä lataustyyppi mahdollistaa latauksen suurella teholla. Lataukseen käytettäviä liittimiä käsittelevä standardi on vasta työn alla ja tällä hetkellä käytössä on muutamia vaihtoehtoisia liittintyypppejä. Yleisin tällä hetkellä käytössä oleva liittintyyppi on Japanin standardin mukainen ChadeMo-liitin, jossa on 6 analogista dataliitintä, 2 CAN-väyläliitintä, sekä plus- ja miinus koskettimet. ChadeMo-liitin on esitelty kuvassa 3. Tyypin 4 lataus on varavoimakäytön kannalta helpoin lataustyyppi, sillä autoon ei tarvitse tehdä mekaanisia muutoksia varavoimakäytön mahdollistamiseksi. Vaihtosuuntaus tapahtuisi ulkopuolisessa taloon kiinteästi asennetussa latauslaitteessa, mutta auton latausjärjestelmä vaatii uudelleen ohjelmoinnin, sillä autonvalmistajat eivät ole ottaneet huomioon sähköön siirtoa autosta verkkoon päin.



Kuva 3. ChadeMo pistoke. Suurin jännite 500V DC ja virta 200A DC. (SAE, 2012.)

6 SÄHKÖN SIIRTO AKUSTA VERKKOON

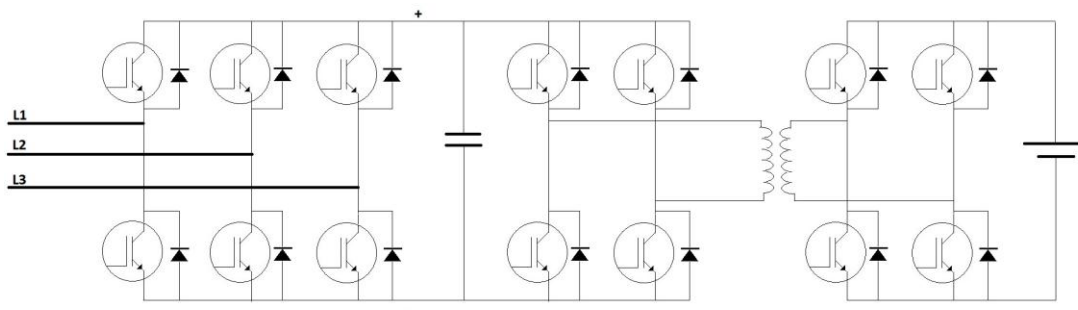
Sähkön siirtoon autosta talon sähköverkkoon on kolme vaihtoehtoa. Sähkön siirtoon voidaan käyttää auton omaa latausjärjestelmää ja sen valmiita liittimiä tai lisätä autoon ylimääräiset liittimet varavoimakäyttöä varten ja käyttää ajomoottorin vaihtosuuntaajaa jos ajomoottorina toimii AC-moottori. Kumpikaan näistä vaihtoehtoista ei ole suoraan käytettävissä markkinoilla olevissa sähköautoissa, vaan molemmat vaihtoehdot vaativat muutoksia auton rakenteeseen. Kolmas vaihtoehto on käyttää pikalataukseen tarkoitettuja tasajänniteliittimiä jos autossa sellaiset on tai lisätä liittimet suoraan auton akun navoista sähköautokonversioissa, ja hoitaa vaihtosuuntaus esimerkiksi talon UPS-järjestelmän kautta. Kesämökin sähköistykseen edullisin ratkaisu on käyttää ajoneuvon 12 voltin järjestelmää.

6.1 Vaihtosuuntaus auton sisäänrakennetun latausjärjestelmän avulla

Markkinoilla olevissa plug-in hybrideissä ja akkukäyttöisissä sähköautoissa lataukseen käytettävä auton oma latausjärjestelmä ei ole suunniteltu syöttämään sähköä verkkoon päin. Jotta verkkoon syöttäminen olisi mahdollista pitää latauslaite ja sen ohjausjärjestelmä vaihtaa kahteen suuntaan toimivaksi.

Autonvalmistajien käyttämissä latausjärjestelmissä tasasuuntaus toteutetaan ensimmäisessä vaiheessa 4- tai 6- pulssidiodisillalla ja toisessa vaiheessa tasajännite säädetään haluttuun arvoon galvaanisesti erotetulla hakkuriteholähteellä. Jos tasasuuntausosa toteutetaan IGBT-transistoreilla ja tasajännitteen muuntaminen hakkuriteholähteellä, tulee tehon syöttö verkkoon päin mahdolliseksi. Tähän tarkoitukseen on markkinoilla valmiita latausjärjestelmiä. Kuvassa 2 on esitetty varavoimakäyttöön sopivan laturin pääpiirikaavio.

Auton sisäänrakennetun latausjärjestelmän etuna ovat valmiit liittimet ja mahdollisuus vaihtaa lataus- ja varavoimakäyttötilan välillä muuttamatta kytkentöjä.



Kuva 2. Kahteen suuntaan toimivan laturin pääpiirikaavio. Ensimmäisessä vaiheessa tasasuuntaus on toteutettu IGBT- tasasuuntaajalla ja toisessa vaiheessa tasajännitteen muuntaminen hakkuriteholähteellä, joka kykenee tehon siirtoon kumpaankin suuntaan.

6.2 Vaihtosuuntaus hyödyntämällä ajomoottorin vaihtosuuntaajaa

Sähköautojen ja plug-in hybridien ajomoottoreina käytetään useimmiten kestopagnetoituja tahtimoottoreita tai epätahtimoottoreita. Moottorin teho on autosta riippumatta yleensä yli 17kW, joten vaihtosuuntaaja on suunniteltu kestäväksi riittäviä vir-

toja varavoimakäyttöä ajatellen. Jos autossa on kestopommitusmoottori, on myös vaihtosuuntaaja kahteen suuntaan toimiva, sillä sitä käytetään jarruenergian talteenottoon. Tämä mahdollistaisi myös latauksen varavoimakäytön kanssa samoista liittimistä, jolloin auton ja talon välistä kytkentää ei tarvitsisi muuttaa siirryttäessä lataustilasta varavoimakäyttöön. Autoissa käytettävien sähkömoottorien nimellisjännite ei tosin ole 400V AC, joten auton ja talon sähköjärjestelmän välille vaadittaisiin muuntaja varavoimakäytön aikana. Ajomoottorin vaihtosuuntaajan käyttö lataukseen ja varavoiman tuotantoon vaatii myös lisäyksen vaihtosuuntaajan ohjausjärjestelmään, jotta vaihtosuuntaajalta saadaan ulos jatkuvaa 50 Hz:n vaihtojännitettä. Lisäksi autoon pitäisi lisätä kytkin, jolla ajomoottori voidaan erottaa järjestelmästä latauksen ja varavoimakäytön ajaksi.

6.3 Siirto tasasähköllä

Tyypin 4 latausta tukevissa ajoneuvoissa on tasajänniteliittimet, jotka on kytketty suoraan akun napoihin kontaktorin kautta. Tällä kontaktorilla varmistetaan, ettei liitin tule jännitteiseksi ennen kuin auto on kytketty oikein latausjärjestelmään. Jos kiinteistössä on UPS-järjestelmä, jonka akuston jännite on sama kuin ajoneuvon, voitaisiin ajoneuvo kytkeä varavoimakäytössä kiinteistön akuston rinnalle kasvattamaan akkukapasiteettia. Kiinteistön älykäs sähköverkko ohjaisi kontaktoria, joka kytkisi auton latausjärjestelmään kun sähköä on saatavilla ja kiinteistön akuston rinnalle sähkökatkojen aikana.

6.4 Mökin sähköistys

Suomessa monien sähköverkkoon liittämättömien kesämökkien sähköistys on toteutettu aurinkopaneeleilla ja 12V tasasähköjärjestelmällä. Kesämökin sähköistämiseen yksinkertaisin ja edullisin ratkaisu sähköautoa hyödyntämällä on ottaa sähkö sopivasti mitoitettuja johtimia ja käyttöön soveltuvia liittimiä käyttäen auton 12V apusähköjärjestelmästä. Sähköautoissa tuotetaan 12 voltin järjestelmille sähkö ajoakuista DC-DC muuntimella. Ajoneuvokäyttöön tehtyjen DC-DC muuntimien suurin antoteho on tyypillisesti 0,5-2kW, joka riittää hyvin kesämökin tarpeisiin. Sähköautoissa on jo valmiina järjestelmä, joka huolehtii apuakun varauksen pysymisestä riittävällä tasol-

la, mikäli ajoakuissa on riittävästi varausta jäljellä. Tällä tavalla toteutettuna sähköistys ei vaadi kalliita muutoksia autoon ja käytettävät jännitteet pysyvät turvallisella tasolla. Ongelmana kuitenkin on käytettävissä olevan energian määrä jos mökki sijaitsee kaukana latauspisteistä, sillä ajoakkuun pitää jäädä riittävä varaus paluu matkaa varten, jos auton ainoa tehon lähde on sähkö.

7 SÄHKÖAUTOJEN KÄYTTÖ MAAILMALLA

Suomessa sähköautojen käyttö energiavarastona on vasta suunnitteluasteella, sillä kulutushuiput on saatu tasattua vesivoimaloiden virtausta säätelemällä. Suomessa kuluttajat eivät myöskään voi myydä itse tuottamaansa sähköä sähköyhtiöille, joten sähköautojen käyttö energiavarastona rajoittuu oman kiinteistön verkkoon. Muualla maailmalla on jo useamman vuoden ajan tutkittu vehicle-to-grid –tekniikkaa, sillä on arvioitu, että käyttämällä sähköautoja energian varastointiin voidaan energian tuotannossa vuositasolla säästää tuhansia euroja autoa kohti.

Yhdysvalloissa Kaliforniassa AC Propulsion niminen yritys on tuonut markkinoille sähköauton laturin, joka pystyy siirtämään 19kW tehon verkosta ajoneuvoon ja toisinpäin (AC Propulsion, 2012). Yhdysvalloissa yksityinen henkilö voi myydä tuottamaansa sähköä sähköyhtiöille ja tähän järjestelmään kytkettynä sähköautosta voidaan myydä sähköä verkkoon kun kysyntä on suurta ja ladata akku täyteen yöllä kun sähkö on halpaa.

Delawaren yliopistolla yhdysvalloissa on jo useamman vuoden ajan tutkittu V2G-tekniikkaa(vehicle-to-grid) yhteistyössä paikallisten energiayhtiöiden kanssa tavoitteena luoda järjestelmä kulutushuippujen tasaamiseen. Järjestelmän toimiessa auton omistaja saisi määritellä missä olosuhteissa auto lataa akkua ja milloin se myy sähköä autosta verkkoon. Kun auto on kytkettynä verkkoon ja määritetyt olosuhteet täyttyvät, auto lataisi tai purkaisi akkua itsenäisesti. (University of Delaware, 2012.)

Tanskassa on käynnissä Edison-projekti, jonka tavoitteena on hyödyntää sähköautoja tuulienergian varastoinnissa. Projekti on osa suurempaa kokonaisuutta, jonka tavoitteena on saada tuulivoiman osuus Tanskan sähkönkäytöstä 50%:iin. (EDISON-projektin sivut, 2012.)

Mitsubishi ja Nissan ovat yhteistyössä kehittelemässä autoihinsa lisävarusteeksi invertteriä ja liitäntäpistettä, jolla voitaisiin tuottaa sähkö keskiverrolle japanilaiselle kotitaloudelle jopa kahdeksi päiväksi hätätapauksissa. Japanissa kiinteistöjen keskimääräinen sähkönkulutus on kuitenkin murto-osa keskimääräisen suomalaisen pienkiinteistön kulutuksesta, joten tämän lisävarusteen teho riittää luultavimmin ruoanlaittoon, pyykinpesuun ja minimaaliseen valaistuksen ylläpitoon. Tämä lisävaruste on tulossa markkinoille Mitsubishin ja Nissanin sähköautoihin vuoden 2013 aikana. (My iMievin sivut, 2012.)

8 YHTEENVETO

Nykyaikaisista sähköautoista akkukäyttöiset-, polttokennokäyttöiset- ja plug-in hybridisähköautot soveltuvat rakenteensa ja akustonsa puolesta muunnettaviksi varavoimakäyttöön. Hybridiautoissa akun pieni varauskyky on esteenä varavoimakäytölle.

Kaikki nykyään sähköautoissa käytettävät akkutyypit soveltuvat lyhytaikaiseen varavoimakäyttöön, mutta pitkäaikainen ja toistuva varavoimakäyttö lyhentää huomattavasti akkujen käyttöikää. Liikenteessä on edelleen 80- ja 90-luvulla valmistettuja sähköautoja, joissa käytetään lyijyakkuja, mutta ne eivät sovellu varavoimakäyttöön alhaisen akkujännitteen, heikon varauskyvyn ja matalan maksimitehon vuoksi.

Tehon siirtoon autosta kiinteistöön on monia tapoja ja jokainen varavoimaratkaisu pitäisi suunnitella tapauskohtaisesti parhaan ratkaisun löytämiseksi. Kesken oleva lataustapojen standardointi aiheuttaa suunnittelulle vielä omat haasteensa, sillä tällä

hetkellä ei vielä ole tiedossa minkälaisilla liittimillä ja kommunikaatiolla sähkön ja tiedon siirto talon ja auton välillä tulee tapahtumaan.

Suurimmaksi kysymykseksi tällä hetkellä nousee varavoimakäyttöön muuntamisen taloudellinen kannattavuus, sillä muutuskustannukset talon ja auton osalta nousevat jopa tuhansiin euroihin riippuen siitä, miten sähkönsiirto ajoneuvosta taloon toteutetaan. Koska Suomessa sähkön hinta on lähes vakio vuorokaudenajasta riippumatta, ei sähköauton käyttämisestä varavoimana ole taloudellista hyötyä kulutushuippujenkaan tasaajana. Sähköautojen varavoimakäytön kiinnostavuutta vähentää myös sähkön toimitusvarmuus, sillä sähkökatkojen vuosittainen kesto Suomessa rajoittuu muutamiin tunteihin.

Autonvalmistajien kiinnostus vehicle-to-grid tekniikkaa kohtaan on vasta heräämässä, joten lähivuosina sähköautot tullaan luultavasti suunnittelemaan entistä paremmin varavoimakäyttöön soveltuviksi. Tämä laskee huomattavasti varavoimakäyttöön muuntamisen kustannuksia. Tuntitason energiankulutuksien mittaamisen yleistyessä tullaan myös Suomessa luultavasti siirtymään kysynnän mukaan vaihtelevaan sähkön hintaan, jolloin sähköautojen tarjoamalla energiavarastolla voidaan saavuttaa taloudellista hyötyä. Näiden muutosten jälkeen Suomessakin voitaisiin alkaa harkitsemaan sähköautojen käyttämistä varavoimana, sillä tällä hetkellä niiden ainoa järkevä käyttökohde olisi sähköverkkoon liittämättömien kesämökkien sähköistys.

LÄHTEET

- EDISON-projektin sivut.* (2012). Haettu 28. elokuuta 2012 osoitteesta
<http://www.edison-net.dk/>
- My iMievin sivut.* (2012). Haettu 24.. syyskuuta 2012 osoitteesta
<http://myimiev.com/mitsubishi-i-miev-can-be-used-to-power-your-house/>
- AC Propulsion. (2012). Haettu 26. elokuuta 2012 osoitteesta
<http://www.acpropulsion.com>
- Fortum. (ei pvm). *Fortum kestävän kehityksen raportointi 2011*. Haettu 19. Syyskuuta 2012 osoitteesta
http://vuosiraportointi.fortum.com/files/fortum_ar2011/PDF%20FIN/GRI-indeksi.pdf
- Pistoia, G. (2010). *Electric and hybrid vehicles*. Great Britain: Elsevier.
- SAE. (2012). *SAEn internetsivut*. Haettu 20. syyskuuta 2012 osoitteesta
<http://ev.sae.org>
- University of Delaware. (2012). Haettu 28. elokuuta 2012 osoitteesta
<http://www.udel.edu/V2G/>