

Please note! This is a self-archived version of the original article.

Huom! Tämä on rinnakkaistalenne.

To cite this Article / Käytä viittauksessa alkuperäistä lähdettä:

Korpela, A., Alanen, S., Hietalahti, L., Kohtala, M., Markkula, T., Pohjonen, H. & Virtanen, K. (2020) Sähköenergian varastoinnin hanke oppimisympäristönä. TAMK-konferenssi – TAMK Conference 2020. Tampereen ammattikorkeakoulun julkaisu, Erillisjulkaisu, s. 42 - 52.

URL: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7266-42-7>

5. Sähköenergian varastoinnin hanke oppimisympäristönä

Aki Korpela, yliopettaja, Teollisuusteknologia, Tampereen ammattikorkeakoulu

Samuli Alanen, opinnäytetyöntekijä, Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus, Tampereen ammattikorkeakoulu

Lauri Hietalahti, lehtori, Teollisuusteknologia, Tampereen ammattikorkeakoulu

Matti Kohtala, laboratorioinsinööri, Teollisuusteknologia, Tampereen ammattikorkeakoulu

Toni Markkula, opinnäytetyöntekijä, Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus, Tampereen ammattikorkeakoulu

Hannu Pohjonen, opinnäytetyöntekijä, Sähkö- ja automaatiotekniikan koulutus, Tampereen ammattikorkeakoulu

Klaus Virtanen, lehtori, Teollisuusteknologia, Tampereen ammattikorkeakoulu

Energian varastointiratkaisut osana uusiutuvan sähköenergian optimoitua käyttöä -hanke

Avainsanat: energian varastointi, uusiutuva sähköenergia, sähköajoneuvojen lataaminen

Tiivistelmä

Tämä julkaisu liittyy Energian varastointiratkaisut osana uusiutuvan sähköenergian optimoitua käyttöä -hankkeeseen, jossa rakennettava moderni sähköenergiajärjestelmä tulee kaupallisen käytön lisäksi myös toimimaan sähkövoimatekniikan oppimisympäristönä. Hankkeessa rakennetaan liikuteltava ja moderni sähköenergiajärjestelmä, joka koostuu energiavarastosta, sähköajoneuvojen teholaatusasemasta sekä monipuoliset käytöt mahdollistavasta tehoelekt-

roniikkalinjasta. Järjestelmän pääasiallinen suunnittelu on tehty Tampereen ammattikorkeakoulun henkilökunnan toimesta, mutta toteutusvaihe on tarjonnut mahdollisuuksia monille opinnäytetöille. Tässä julkaisussa esitellään kaksi opinnäytetyötä, joilla on ollut merkittävä roolinsa osana hankkeen toteutusvaihetta. Lisäksi valmis energiajärjestelmä tulee vaikuttamaan merkittävästi TAMK:n sähkövoimatekniikan insinöörien koulutukseen. Sähköenergia on alana ollut jo pitkään murroksessa, ja alkaneella vuosikymmenellä esimerkiksi uusiutuva sähköenergia, energian varastointi ja kulutuksen tehopiikkien leikkaaminen tulevat todennäköisesti olemaan entistä keskeisempiä teemoja. Hankkeessa rakennettavalla sähköenergiajärjestelmällä pystytään demonstroimaan laaja kirjo moderneja sähköenergiakäyttöjä, ja siksi se tulee toimimaan erinomaisena oppimisympäristönä 2020-luvun sähkövoimatekniikan insinöörien koulutuksessa.

Johdanto

Tämä julkaisu liittyy Energian varastointiratkaisut osana uusiutuvan sähköenergian optimoitua käyttöä -hankkeeseen, joka on Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) koordinoima ja Pirkanmaan liiton rahoittama. Rahoitus tulee Euroopan aluekehitysrahastosta (EAKR). Hanke alkoi 1.4.2018 ja päättyy vuoden 2020 lopussa. Tampereen aikuiskoulutuskeskus (TAKK) on hankkeen osatoteuttaja, ja lisäksi mukana on hankkeen aihepiireihin kytkeytyviä pirkanmaalaisia pk-yrityksiä. Hankkeessa rakennetaan liikuteltava moderni sähköenergiajärjestelmä, jolla voidaan vastata monenlaisiin sähköenergian tuotannon ja käytön nykytarpeisiin, joita meneillään oleva globaali energiamurros tuo tullessaan (Geller 2003). Erityisesti energian varastoinnille kaavaillaan merkittävää roolia osana tulevaisuuden energiajärjestelmää, ja siksi sen merkitys kasvaa vuosi vuodelta (Korpela 2018).



Kahteen perävaunuun rakennettava järjestelmä tulee sisältämään noin 100 kWh:n energiavaraston, sähköajoneuvojen tehollatausaseman (CCS, CHAdeMO, Type 2) sekä monipuoliset käytöt mahdollistavan tehoelektroniikkalinjan. Järjestelmän helppo liikuteltavuus on monipuolisten käyttövaihtoehtojen merkittävä mahdollistaja, ja siksi järjestelmä päädyttiin rakentamaan kahteen perävaunuun. Perävaunuja tarvitaan kaksi, jotta yksittäisen vaunun massa saadaan pysymään riittävän alhaisena. Toinen vaunu tulee sisältämään sähköajoneuvojen latausaseman ja tehoelektroniikkalinjan, ja toiseen vaunuun sijoitetaan akustot. Kuva 1 esittää TAMK:n viestintäsuunnittelijoiden Minttu Rantasen ja Hanna Yllin suunnitelmaa perävaunujen graafisesta ilmeestä.



KUVA 1. Minttu Rantasen ja Hanna Yllin suunnitelma perävaunujen graafisesta ilmeestä

Hankkeessa rakennettavasta energiajärjestelmästä tulee oppimisympäristö sähkövoimatekniikan insinöörien koulutukseen, mutta sen lisäksi järjestelmää on käytetty oppimisympäristönä jo rakentamisvaiheessa. Vuoden 2019 loppuun mennessä hankke-

seen liittyviä opinnäytetöitä on saatettu valmiiksi jo kaksi kappaletta, ja lisäksi kolme muuta opinnäytetyötä on tekeillä. Tässä julkaisussa tarkastellaan kahta opinnäytetyötä, joilla on ollut keskeinen roolinsa osana järjestelmän rakentamisvaihetta. Lisäksi esitellään lähitulevaisuuden suunnitelmat valmiin järjestelmän oppimisympäristökäytöstä.

Yleiskatsaus järjestelmän tekniikkaan

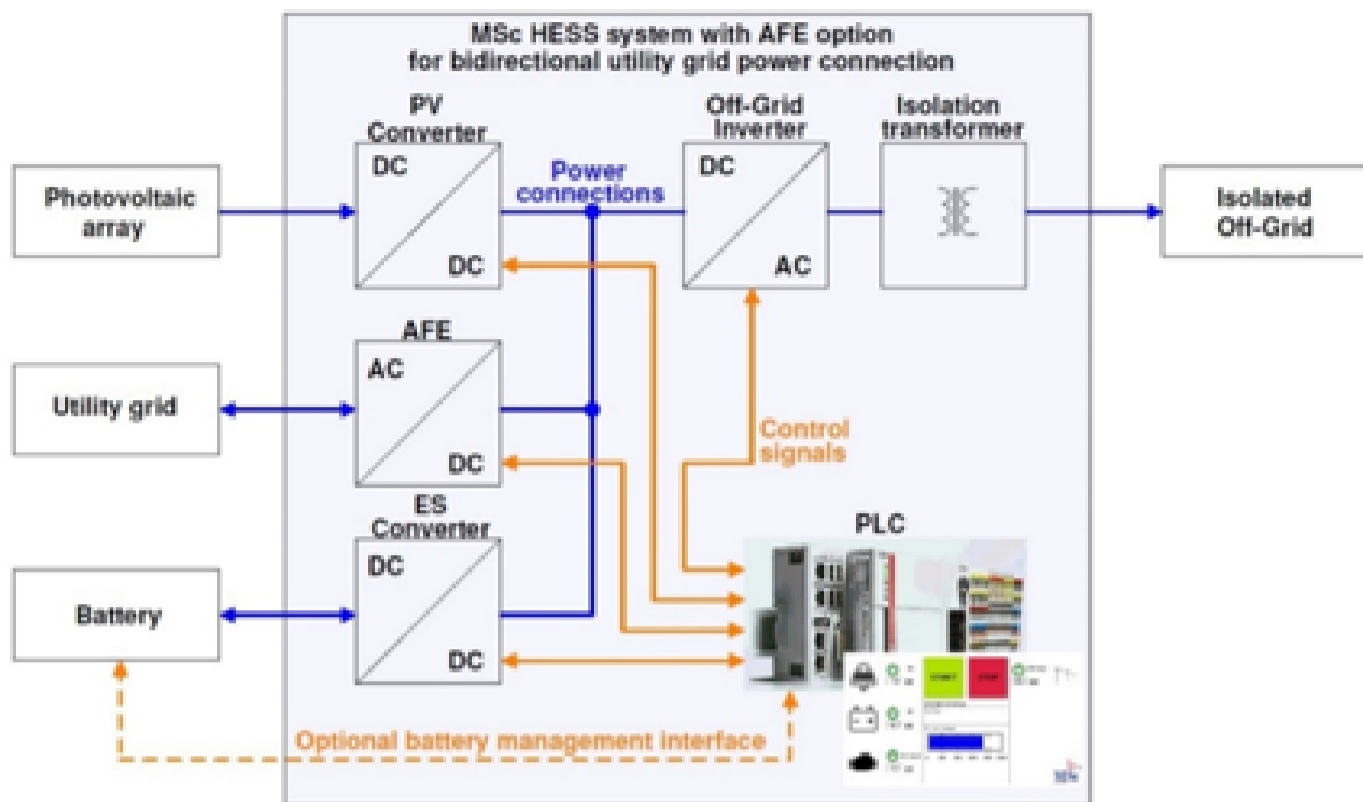
Hankkeessa rakennettavan energiajärjestelmän ensisijaiseksi tavoitteeksi asetettiin monipuolisuus. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että järjestelmän tulee olla teknisesti mahdollisimman monipuolinen, jotta se mahdollistaa monenlaiset sähköenergian tuotannon ja kulutuksen modernit käytöt. Tällaisia käyttöjä ovat esimerkiksi:

- Sähköajoneuvojen lataaminen sähköverkosta tai tienpäällä energiavarastosta.
- Sähköajoneuvojen tehollataaminen siten, että osa energiasta otetaan sähköverkosta ja osa energiavarastosta.
- Sähköverkon tehopiikkien leikkaaminen energiavaraston avulla sekä sähköajoneuvojen lataamisen yhteydessä että kiinteistöissä.
- Saarekeverkon toteuttaminen energiavaraston avulla esimerkiksi sellaisessa kiinteistössä, jossa on omaa sähköntuotantoa aurinkosähkön, tuulivoiman tai muun tuotantotavan seurauksena.
- Sähköverkon reservimarkkinalle osallistumisen tekniset vaatimukset.
- Säariippuvan sähköntuotannon tuotantotehon tasaaminen energiavaraston avulla.

Edellä mainittuja käyttöjä ei lähdetä tässä julkaisussa tarkemmin avaamaan, vaan listauksen tavoitteena on vain havainnollistaa rakennettavan järjestelmän monipuolisuutta. Erilaiset käytöt poikkeavat toisistaan teknisessä mielessä merkittävästi, ja siksi järjestelmän suunnittelusta ja toteutuksesta tuli odotettua haastavampaa. Lisähaastetta toi myös se, ettemme halunneet toteutuksellamme poissulkea sellaisiakaan tulevaisuuden käyttöjä, joita emme vielä tällä hetkellä osaa ennustaa.

Järjestelmän toiminnallisen ytimen muodostaa kuvassa 2 esitetty tehoelektroniikkalinja, joka on käytännössä muokattu versio tamperelaisen MSc Electronics Oy:n HESS-järjestelmästä (Hybrid Energy Supply System). Kuvan vasemmassa reunassa on järjestelmän ulkoiset kytkennät aurinkosähkövoimalalle, sähköverkkoon liittymiselle sekä kahdelle energiavarastolle (kuvassa vain yksi). Kuvan oikeasta reunasta löytyy ulostulo saarekeverkolle, joka järjestelmällä saadaan tuotettua. Kuvan keskellä sinisellä pohjalla olevan tehoelektroniikkalinjan tekniikkaan ei perehdytä tässä sen tarkemmin, mutta lyhyesti sanottuna sen tehtävänä on mahdollistaa järjestelmän erilaiset käytöt. Tämä tarkoittaa esimerkiksi sitä, että jos järjestelmään on kytketty aurinkosähkövoimala, ja jos samanaikaisesti ladataan sähköautoa, voimalan tuottama teho käytetään sähköauton lataamiseen. Jos aurinkosähkövoimalan tuottama sähköteho ei ole riittävä, puuttuva teho otetaan energiavarastosta tai sähköverkosta. Ja jos aurinkosähkövoimala tuottaa tehoa yli lataustarpeen, ylimääräinen energia varastoidaan järjestelmän akustoon tai syötetään sähköverkkoon. Jo tämä yksi käytösesimerkki havainnollistaa sitä, mitä kaikkea tehoelektroniikkalinjan tulee mahdollistaa, ja siksi sen voidaan hyvinkin sanoa muodostavan järjestelmän toiminnallisen ytimen.





KUVIO 2. Kaaviokuva energijärjestelmän tehoelektroniikkalinjasta (MSc Electronics).

Energiajärjestelmän rakentaminen oppimisympäristönä

Hankkeessa rakennettavan energijärjestelmän sähköisestä suunnittelusta ovat pääosin vastanneet TAMKin sähkövoimatekniikan lehtorit Lauri Hietalahti ja Klaus Virtanen, joilla molemmilla on vankka kokemus ja osaaminen tehoelektroniikasta. Hankkeen suunnittelu- ja toteutusvaihe ovat kuitenkin tarjonneet mahdollisuuksia myös useille opinnäytetöille, joista jo valmiiksi saatettuja ovat Akkujärjestelmän suorituskyky- ja kunnonvalvontatetaukset (Erkki Karttunen, sähkövoimatekniikka) sekä Akkujärjestelmien turvallisuus (Esko Jouppi, sähkövoimatekniikka). Tämän julkaisun luvuissa 2.1 ja 2.2 esitellään tarkemmin kaksi opinnäytetyötä, jotka liittyvät keskeisesti järjestelmän toteutusvaiheeseen. Lisäksi on syytä mainita, että TAMKin laboratorioinsinööri Matti Kohtalan työpanos on ollut ratkaiseva järjestelmän toteutusvaiheessa. Tässä julkaisussa esiteltujen opinnäytetöiden lisäksi myös Hannu Pohjonen tulee vielä tekemään opinnäytetyönsä energijärjestelmän sähköisestä käyttöönotosta.

Opinnäytetyö I: Energiajärjestelmän sähkötekniinen toteutus

Energiajärjestelmän sähkötekniinen rakentaminen kahteen perävaunuun on sekä työmäärältään että tekniseltä haastavuudeltaan niin vaativa, ettemme alun perin ajatelleet opinnäytetyöntekijän pystyvän suoriutumaan tästä tehtävästä. Hankkeen kannalta oli kuitenkin hyvin onnekasta, että Toni Markkula -niminen sähkövoimatekniikan opiskelija haki kesäksi 2019 harjoittelijan paikkaa TAMKin sähkövoimatekniikan laboratorion. Hyvin nopeasti kävi ilmi, että Markkulalla on poikkeukselliset taidot erilaisten sähkötekniisten työtehtävien toteuttamiseen. Tämän seurauksena Markkula palkattiinkin kesän 2019 päätteeksi hanketyöntekijäksi TAKK:n palkkalistoille, ja pääasiallisesti työtehtäväksi muodostui energiajärjestelmän sähkötekniinen toteuttaminen. Samalla varmistui, että Markkula tekee hanketyönsä ohessa opinnäytetyönsä energiajärjestelmän sähkötekniisestä toteutuksesta.

Toni Markkulan opinnäytetyön keskeisenä sisältönä on tehdä käytännön toteutus kuvassa 2 esitetyn HESS-järjestelmän ja sähköajoneuvojen teholatausaseman asennuksesta kuvassa 1 esitettyyn perävaunuun. Konkreettisen asennustyön lisäksi vaadittiin paljon suunnittelua, jotta latausvaunusta saatiin mahdollisimman toimiva ja käytännöllinen. Kuvassa 3 on esitetty latausvaunun sähkötekniisen asennuksen tilannetta vuoden 2020 alussa. Järjestelmä on sähkötekniisesti lähes valmis, ja sen käyttöönottotestit aloitetaan vielä tammikuun aikana. Kuvan vasemmassa reunassa oleva sininen laitteisto on aurinkosähkökonvertteri (KUVIO 2 ”PV converter”), joka muuntaa aurinkosähköjärjestelmän tasajännitteen järjestelmälle sopivaksi tasajännitteeksi. Toinen sininen laitteisto ja keskeisellä kuvaa oleva harmaa laitteisto ovat akkukonvert-



tereita, joita kuvassa 2 on vain yksi kappale ("ES converter"). Vaunun peräseinällä näkyvät vaalea ja tumma laitteisto muodostavat sähköajoneuvojen latausaseman, joka päädyttiin hankkimaan Plugit Oy:ltä (Plugit). Kuvan oikeassa reunassa vaunun perällä näkyy ohjausyksikkö, josta koko energiajärjestelmää ohjataan.

Rakennettava järjestelmä on sähkötekniisesti haastava ja siinä mielessä erityislaatuinen, ettemme tiedä Suomesta löytyvän toista vastaavaa. Onkin selvää, että järjestelmän sähkötekniinen suunnittelu ja toteutus tarjoavat mahdollisuuden sisällöllisesti poikkeukselliselle opinnäytetyölle. Lisäksi on mainittava, että tällainen työ vaatii tekijältään ominaisuuksia, joita on vaikea kuvailla pelkästään ansioluetteloilla ja muodollisilla pätevyyksillä. Tarvitaan merkittävässä määrin oikeanlaista asennetta ja kykyä tarttua uudenlaisiin haasteisiin niiden vaativalla tarmokkuudella.



KUVA 2. Energiajärjestelmän sähkötekniistä toteutusta kuvassa 1 esitetyn latausperävaunun sisältä.



Opinnäytetyö 2: Energiavarastojen liittäminen osaksi järjestelmää

Toinen tekninen yksityiskohta, jonka alun perin arvelimme olevan liian haastava opinnäytetyöksi, on akustojen sähkötekninen liittäminen osaksi energiajärjestelmää. Kyse on tarkemmin sanottuna siitä, että energiajärjestelmän akustoja pitää pystyä ohjaamaan Beckhoffin logiikalla, jolla kuvassa 2 esitettyä HESS-järjestelmää ohjataan. Tehtävä on teknisesti haastava, mutta olimme tässäkin onnekkaita, kun sähkövoimatekniikan vuosikurssinsa kiistatonta parhaimmista edustava Samuli Alanen osoitti kiinnostusta tarttua haasteeseen. Alanen palkattiin syksyn 2019 ajaksi osa-aikaiseksi hanketyöntekijäksi TAKK:n palkkalistoille, ja hanketyön ohessa hän tekee opinnäytetyönsä energiavarastojen liittämistä osaksi järjestelmää.

Alanen aloitti työnsä Kalmar Oy:ltä hankitun energiavaraston parissa (kuva 4). Kyseisen akuston kapasiteetti on noin 17 kWh, ja se on alun perin suunniteltu konttilukkipäyttöön. Energiavaraston integrointi osaksi järjestelmää tarkoitti käytännössä sitä, että akuston ja kuvassa 2 esitetyn HESS-järjestelmän välille muodostettiin CAN-väyläyhteys, jonka avulla akusto pystyy välittämään tietoa HESS-järjestelmälle. Lisäksi HESS-järjestelmän ohjelmoitavaan logiikan (PLC kuvassa 2, "programmable logic controller") ohjelmakoodia jouduttiin räätälöimään Kalmarin energiavaraston ohjaukseen sopivaksi. Energiavaraston ohjausjärjestelmään tehtiin myös laajennus, jotta ohjaus saatiin toimimaan halutulla tavalla. Sisällöllisesti haastava opinnäytetyö on edennyt erinomaisesti, ja Kalmarin akkujärjestelmä on nyt sähköisesti integroitu osaksi HESS-järjestelmää. Hankkeeseen hankitaan vuoden 2020

alussa vielä toinen energiavarasto, joka nostaa järjestelmän kokonaisakkukapasiteetin yli 110 kWh:n. Alanen jatkaa täyspäiväisenä hanketyöntekijänä vielä maaliskuun 2020 loppuun asti, jotta myös uusi akusto saadaan integroitua osaksi järjestelmää.



KUVA 3. Kalmar Oy:ltä hankittu akusto, joka opinnäytetyössä integroitiin osaksi energiajärjestelmää (Kalmar).

Samuli Alasen mukaan hienointa hanketyössä on ollut se, että järjestelmäsuunnitteluun on saanut täysin vapaat kädet, ja pääsee myös näkemään valmiissa järjestelmässä oman tuotoksensa. Vastaavasti haastavinta on ollut järjestelmän monialaisuus, joka on välillä tuonut suunnitteluun omat ongelmansa. Toisaalta tätä voi pitää myös hyvänä asiana, kun on päässyt oppimaan paljon uutta. Alanen rohkaisee opiskelijoita tarttumaan rohkeasti hanketyön haasteisiin, jos sellaisia tulee tarjolle. Hänen mukaansa hanketyöskentelystä on mahdollista saada todella paljon irti opiskelun ohella.

Valmis energiajärjestelmä oppimisympäristönä

Kun energiajärjestelmä saadaan vuoden 2020 ensimmäisellä neljänneksellä lopulliseen käyttökuntoonsa, se tarjoaa erinomaisen oppimisympäristön sähkövoimatekniikan insinöörien koulutukseen. Järjestelmän ansiosta opiskelijat pääsevät omakohtaisesti testaamaan ja mittaamaan, miten moderni sähköenergiajärjestelmä toimii esimerkiksi luvussa 1 esitellyissä käyttötilanteissa. Sähköenergian tuotanto ja kulutus ovat jo pitkään olleet murroksessa, ja hankkeessa rakennettavalla järjestelmällä pystytään erinomaisesti vastaamaan sähkövoimatekniikan insinöörien muuttuneeseen koulutustarpeeseen. Uusiutuva sähköenergia, energian varastointi, kysyntäjousto ja joustavat kuormat sekä sähköverkon tehopiikkien leikkaaminen ovat kaikki ajankohtaisia sähkövoimatekniikan teemoja, jotka hankkeessa rakennetulla järjestelmällä saadaan demonstroitua. Siksi hankkeella tulee olemaan merkittävä vaikutuksensa alkaneen vuosikymmenen sähkövoimatekniikan koulutukseen TAMKissa.

Lähteet:

Geller, H. 2003. Energy Revolution: Policies for a Sustainable Future. Island Press.

Kalmar Global / Cargotec Finland Oy. www.kalmar.fi

Korpela, A. 2018. Suuren kokoluokan energiavarastointiteknologioiden teknis-taloudelliset näkymät. [Verkkokirja]. Tampere: Tampereen ammattikorkeakoulu. Tampereen ammattikorkeakoulun julkaisuja. Sarja B. Raportteja 113, 10–15. Luettu 2.11.2019. Saatavana: <http://julkaisut.tamk.fi/PDF-tiedostot-web/B/113-Suuren-kokoluokan-energiavarastointiteknologioiden-tekni-s-taloudelliset-nakymat.pdf>

MSc Electronics Oy. www.msc.eu

Plugit Oy. www.plugit.fi

