

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., Cumini, A., Hietalahti, L., Kohtala, M., Markkula, T. & Virtanen, K. (2021) Älykkäät ohjaukset moderneissa energiajärjestelmissä. TAMK-konferenssi – TAMK Conference 2021. Tampereen ammattikorkeakoulun julkaisuja, Erillisjulkaisuja, s. 37 - 43.

URL: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-7266-55-7>

*Aki Korpela, yliopettaja, Teollisuusteknologia (TT), Tampereen ammattikorkeakoulu (TAMK)*

*Samuli Alanen, projektityöntekijä, TT, TAMK*

*Anne Cumini, lehtori, TT, TAMK*

*Lauri Hietalahti, lehtori, TT, TAMK*

*Matti Kohtala, laboratorioinsinööri, TT, TAMK*

*Toni Markkula, projektityöntekijä, TT, TAMK*

*Klaus Virtanen, lehtori, TT, TAMK*

HANKKEEN NIMI: ÄLYKKÄÄT OHJAUKSET MODERNEISSA ENERGIAJÄRJESTELMISSÄ

# ÄLYKKÄÄT OHJAUKSET MODERNEISSA ENERGIA- JÄRJESTELMISSÄ

Asiasanat: tekoäly, uusiutuva energia, energian varastointi, energiamurros

Älykkäät ohjaukset moderneissa energiajärjestelmissä on Tampereen ammattikorkeakoulun (TAMK) ja Tampereen aikuiskoulutuskeskuksen (TAKK) EAKR-yhteishanke, jossa kehitetään älykkäitä ja automaattisesti toimivia ohjauksia energiamurroksen teemojen moderneihin sähköenergiakäyttöihin. Uuden hankkeen mahdollistajana toimii aiempi EAKR-hanke, jossa rakennettiin teknisesti edistynyt hybridienergiajärjestelmä kahteen perävaunuun. Järjestelmä on suunniteltu erityisesti modernien sähköenergiakäyttöjen testialustaksi, ja nyt uudessa hankkeessa sille päästään suunnittelemaan ja toteuttamaan älypohjaisia ja automaattisesti toimivia ohjauksia. Moderneilla sähköenergiakäyttöillä tarkoitetaan energiamurrokseen liittyviä tilanteita, joissa edistetään uusiutuvan energian ja energian varastoinnin hyödyntämistä sekä toteutetaan sähköverkon tehotasapainoon liittyviä ajankohtaisia teemoja kuten tehotariffit, kysyntäjousto ja joustavat kuormat. Tässä artikkelissa esitellään alkava hanke ja sen tavoitteet.

Meneillään oleva energiamurros vaikuttaa merkittävästi sähköenergiajärjestelmäämme (Fingrid 2020). Kun helposti säädettävää fossiilista tuotantoa korvataan sääriippuvalla uusiutuvalla tuotannolla (tuuli- ja aurinkovoima), samalla tarvitaan uusia teknisiä ratkaisuja sähköenergian korkean laadun ylläpitämiseen. Kyse on siitä, että sähköenergiajärjestelmän toiminta perustuu jatkuvaan tehotasapainoon. Käytännössä sähköenergiaa pitää joka hetki tuottaa yhtä paljon kuin sitä kulutetaan. Tasapainon järkkyminen näkyy sähköenergian laadun heikkenemisenä, joka haittaa sähkölaitteiden toimintaa ja pahimmillaan rikkoo niitä.

Tehotasapainon ylläpitäminen perustuu kahteen asiaan: tuotannon ennustamiseen ja kulutuksen tuntemiseen historian perusteella. Energiamurros hankaloittaa nimenomaan tuotannon ennustamista. Aiemmin käytössä olleen fossiilisen säätövoiman tuotantoteho on säädettävissä, ja samalla tuotannon ennustaminen on ongelmattonta. Mutta kun säädettävän tuotannon tilalle tulee sääriippuvaa tuulivoimaa ja aurinkosähköä, joita ei ole mahdollista säätää, ja joiden tuotantoennusteet perustuvat sääennusteisiin, tilanne hankaloituu oleellisesti. Siksi tarvitaan uusia teknisiä ratkaisuja, joissa energian varastoinnilla, kysyntäjoustolla ja joustavilla kuormilla on omat merkittävät roolinsa (Hildén 2020).

### **Enervera-hankkeessa rakennettu laitteisto uuden hankkeen mahdollistajana**

Jotta energiamurroksen moderneihin sähkökäyttöihin pystytään toteuttamaan älypohjaisia ohjauksia, tarvitaan teknisesti edistynyt laitteisto sähkökäyttöjen toteuttamiseen. Tällainen laitteisto on rakennettu TAMKin ja TAKKin EAKR-yhteishankkeessa Energian varastointiratkaisut osana uusiutuvan sähköenergian optimoitua käyttöä (Enervera), joka päättyi vuoden 2020 lopussa (Korpela 2018).

Hankkeessa rakennettu hybridienergiajärjestelmä on teknisesti poikkeuksellisen monipuolinen, ja perävaunuratkaisu lisää mer-

kittävästi sen käyttömahdollisuuksia. Tekninen monipuolisuus tarkoittaa sitä, että järjestelmän suunnitteluvaiheessa panostettiin erityisesti energiamurroksen sähkökäyttöihin. Järjestelmällä voidaan esimerkiksi ladata sähköautoja aurinkosähköllä, hyödyntää energiavarastoja monenlaisissa käyttötilanteissa tai tarjota sähköverkko sellaisiin kohteisiin, joihin lankaverkko ei yllä. Kuvassa 1 järjestelmää käytetään Enermix Oy:n Talotohtori-asiakaspäivillä syyskuussa 2020.

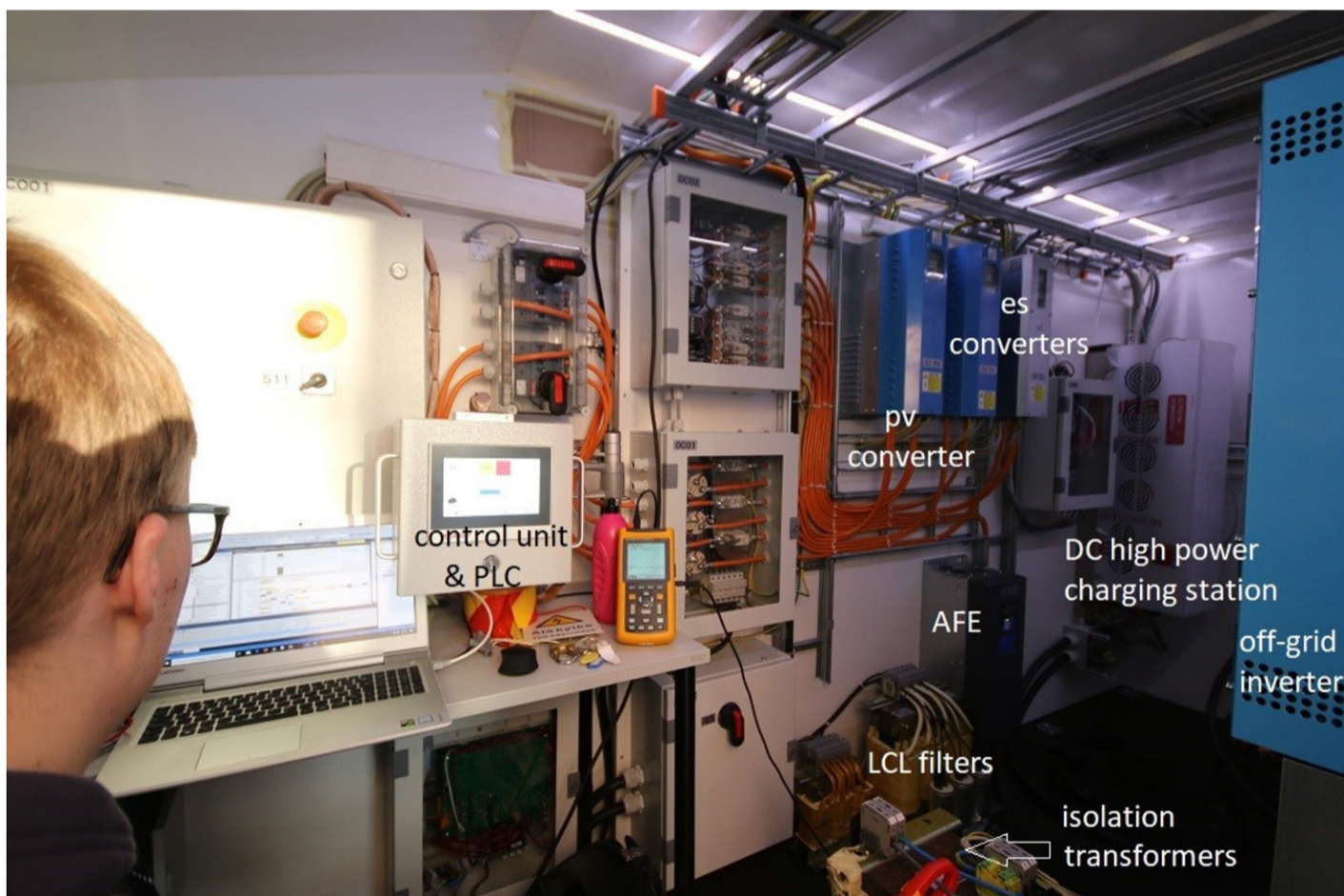


KUVA 1. Järjestelmällä voidaan ladata sähköautoja esimerkiksi niin, että osa tehosta otetaan sähköverkosta ja osa energiavarastosta. Kuvassa vasemmalla energiavarastovaunu ja oikealla teholinjavaunu.

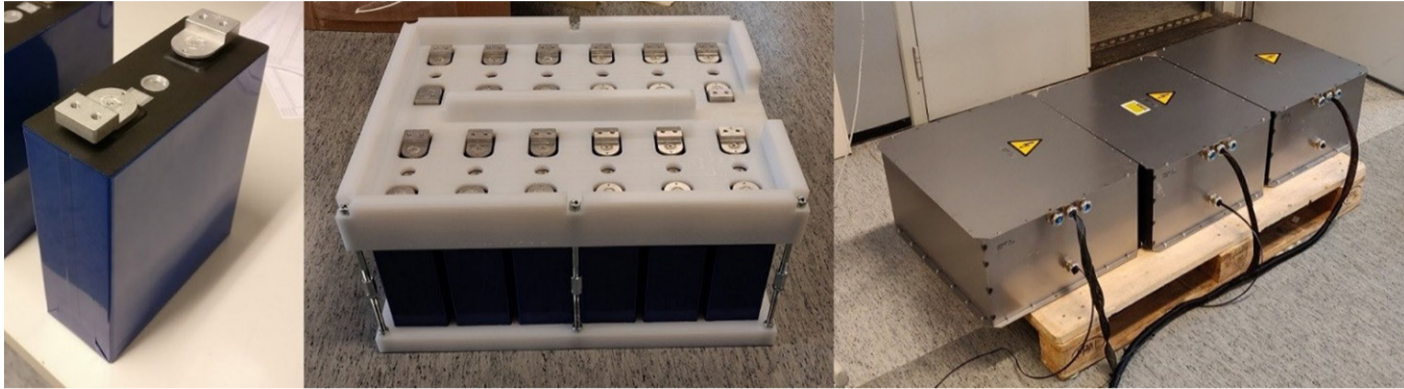
Kahteen perävaunuun rakennettu hybridienergiajärjestelmä koostuu noin 100 kWh:n energiavarastosta, sähköajoneuvojen tehollatausasemasta sekä monipuoliset käytöt mahdollistavasta tehoelektroniikkalinjasta. Järjestelmän tekninen monipuolisuus on erityisesti tehoelektroniikkalinjan ansiota, sillä se sovittaa yhteen sähköisesti erilaiset lähteet ja kuormat sekä mahdollistaa energiavaraston ja verkon kaksisuuntaisen sähkötehon virtauksen. Keskeistä on myös mahdollisuus kolmivaiheisen saarekeverkon toteuttamiseen. Tehoelektroniikkalinja on kuvan 2 mukaisesti ra-

kennettu omaan perävaunuunsa, jossa sijaitsee myös sähköajoneuvojen teholatausasema.

Hybridienergiajärjestelmän toinen perävaunu sisältää energiavarastojärjestelmän. Kyse on litium-rauta-fosfaatti-akkukemiaan (LFP) perustuvasta energiavarastosta, jonka kokonaiskapasiteetti on noin 100 kWh. Akkukennot ostettiin, mutta siitä eteenpäin kaikki suunniteltiin ja pääosin myös toteutettiin itse (Korpela 2020). Kennot kytkettiin mekaanisesti tuetuiksi akkumoduuleiksi siten, että yksi moduuli koostuu 12 kennon sarjaankytkennästä. Myös moduulit kytkettiin keskenään sarjaan, ja niitä kertyi yhteensä yhdeksän kappaletta. Kokonaisuus koostuu siis 108 sarjaankytketystä LFP-kennosta kokonaisjännitteen ollessa noin 350 V. Energiavarastoa hallitaan Orionin valmistamalla akkujenhallintajärjestelmällä (BMS). Kuvat 3 ja 4 esittävät järjestelmän energiavarastoa.



KUVA 2. Kurkistus teholinjavaunuun: lyhenteet es ja pv viittaavat energiavarastoon ja aurinkosähköön, ja AFE mahdollistaa tehonsyötön järjestelmästä sähköverkkoon. Vaunun perällä sijaitsevat sähköajoneuvojen latauslaitteistot, joista DC-laitteisto näkyy kuvassa.



KUVA 3. Vasemmalla yksittäinen LFP-akkukenno, ja keskellä 12 kennon sarjaankytkennästä koostuva akkumoduuli tukirakenteen sisään suljettuna. Oikealla kolme akkumoduulia omissa teräslaatikoissaan.



KUVA 4. Kurkistus energiavarastovaunuun: takana yhdeksän akkumoduulia teräslaatikoissaan, ja edessä sähkökaappi, joka sisältää tarvittavat kytkennät ja turvalaitteet sekä akkujenhallintajärjestelmän.

## Älykkäitä ohjauksia moderneihin sähkökäyttöihin

Edellä kuvattu energiajärjestelmä saatettiin Enervara-hankkeessa teknisesti valmiiksi ja toimintavarmaksi, mutta sen ohjaaminen on toistaiseksi manuaalista. Uudessa hankkeessa keskeisenä tavoitteena on saattaa järjestelmä toimimaan autonomisesti ja älykkäästi. Toiminnallisesti erilaisia moderneja sähkökäyttöjä löytyy useita kymmeniä, ja siksi huolellinen ohjauksen suunnitteluvaihe on tärkeää ennen varsinaista toteutusvaihetta. Jotta moderneihin sähkökäyttöihin saadaan hieman konkretiaa, seuraavassa on esitelty käyttöjä, jotka uudessa hankkeessa tullaan toteuttamaan.

Sähköajoneuvojen lataaminen aurinkosähköllä on esimerkki kasvavaa kiinnostusta keräävästä modernista sähkökäytöstä, joka hybridienergiajärjestelmällä saadaan toteutettua. Tällöin aurinkosähkövoimala kytketään teholinjavaunun pv-konvertteriin, ja sähkötehon virtaus säätyy automaattisesti älypohjaisen ohjauksen avulla. Jos aurinkosähköteho ylittää ajoneuvon lataustehon, ylimääräinen teho ohjataan energiavarastoon. Jos taas pilvisyyden yllättäessä aurinkosähköteho tippuu lataustehon alapuolelle, puuttuva teho saadaan varastosta. Mahdollista on myös se, että energiavaraston avulla tuetaan latausta sähköverkosta. Tällöin päästäänkin tehotariffien kautta toiseen moderniin sähkökäyttöön, eli sähköverkosta otettavien huipputehojen rajoittamiseen energiavaraston avulla. Tehomaksut ovat hyvää vauhtia tulossa myös pienkuluttajien sähkölaskuihin tarjoten samalla uusia mahdollisuuksia energiavarastojen hyödyntämiselle. Kolmantena modernina sähkökäyttönä mainittakoon saarekeverkon toteuttaminen ja sähköteho-omavaraisuuden mahdollistaminen. Esimerkiksi 10 kW:n aurinkosähkövoimalaan kytkettynä hybridienergiajärjestelmä tarjoaa tyypilliselle suomalaiselle omakotitalolle sähkötehoomavaisuuden maaliskuusta lokakuuhun. Tällä ajanjaksolla kiinteistö olisi siis kokonaan riippumaton sähköverkosta.

Energiamurros, jossa fossiilista säätövoimaa korvataan säariippuvalla sähköntuotannolla, vaikuttaa merkittävästi sähköenergiajärjestelmäämme. Vaikka nykyihminen useimmiten pitääkin sähköenergian korkeaa laatua itsestäänselvyytenä, on hyvä tiedostaa, että sen taustalta löytyy vaativaa sähköteknistä osaamista ja jatkuvaa valvontaa. Energiamurroksen myötä sähköenergian korkean laadun ylläpitämiseen tulee uusia teknisiä haasteita, joihin tässä julkaisussa esitellyllä järjestelmällä pystytään tarjoamaan älypohjaisia ratkaisuja.

## Lähteet

Fingrid: Valot päällä valtakunnassa. 2020. Kantaverkkoyhtiö Fingrid Oy:n julkaisuja. <https://www.fingrid.fi/sivut/ajankohtaista/julkaisut>, luettu 7.1.2021.

Hildén, M. & Kivimaa, P. 2020. Energy Governance in Finland. Handbook of Energy Governance in Europe. Springer Nature Switzerland AG 2020.

Korpela, A., Cumini, A. & Hietalahti, L. 2018. Energian varastointiratkaisut osana uusiutuvan sähköenergian optimoitua käyttöä. TAMK-konferenssi 2018. Tampereen ammattikorkeakoulun julkaisuja, 165–171.

Korpela, A. et al. 2020. Sähköenergian varastoinnin hanke oppimisympäristönä. TAMK-konferenssi 2020. Tampereen ammattikorkeakoulun julkaisuja, 42–52.