

Jaakko Etto*, Jussi Suopajarvi, Jouko Juustovaara, Jukka Leinonen

Asumisen microgrid – nanogrid testiympäristöt

Asiasanat: microgrid, automaatio, testaus

***Jaakko Etto:** Lapin Ammattikorkeakoulu, E-mail: jaakko.etto@lapinamk.fi

Jussi Suopajarvi Lapin Ammattikorkeakoulu, E-mail: jussi.suopajarvi@lapinamk.fi

Jouko Juustovaara opiskelija LUT yliopisto, E-mail: jouko.juustovaara@student.lut.fi

Jukka Leinonen Lapin Ammattikorkeakoulu, projektipäällikkö, E-mail: jukka.leinonen@lapinamk.fi

1. Johdanto

Lapin ammattikorkeakoulu on mukana EUn rahoittamassa ENERGY ECS hankkeessa [1], jossa yhtenä pilotoitavana tutkimuskohteena on microgrid. Projektin pilottikohteessa microgrid on toteutettu sisältäen liitynnän sähkönjakeluverkkoon, microgrid kontrolleri, sähkövarasto, ajoneuvojen yksi- ja kaksisuuntaisia latauspisteitä, uusiutuvan energian tuotantoa, varavoimageneraattori, joustavaa sähkön kulutusta useammassa rakennuksessa sekä energianhallintajärjestelmä tarvittavien mittausten, tiedonsiirron ja automaation kera.

Projektin pilotoitikohteen lisäksi toteutetaan Lapin ammattikorkeakoulun kiinteistösähköistyksen ja energiatekniikan laboratoriotiloihin pienemmät ja helpommin muunneltavat microgrid – nanogrid ympäristöt. Näitä toteutuksia voidaan käyttää microgrid verkon ominaisuuksien ja automaation testaamiseen huomattavasti vapaammin kuin itse pilottikohdetta. Teholuokka näissä toteutettavissa testiympäristöissä tulee olemaan huomattavasti pienempi ja niistä voidaan käyttää nanogrid nimitystä.

Asuntokohteen microgrid voidaan toteuttaa monella eri kytkentäratkaisulla ja laitekoonpanolla. Lisäksi eri kytkentäratkaisulla mahdollisine saareke/backup toimintaratkaisuihin on selvästi toisistaan poikkeavia ominaisuuksia. Tavoitteena laboratorioympäristöjen toteutuksilla on tutkia ja havainnoida näiden ratkaisujen sähkötekniisiä ominaisuuksia, kuten verkkokytkentää, sähkön laatua, sähköenergian varastointia, sähköenergian tuotantoa uusiutuvilla

energioilla, kuormien ohjausta ja toimintaa eri käyttötilanteissa. Microgrid vaatii toimiakseen erilaisia kytkentälaitteita, AC/DC ja DC/AC suuntaajia ohjauksineen, mittauksia, automaatiota ja näiden välisen kommunikaation sekä lisäksi käyttöliittymän ja yhteyden internetiin.

2. Testilaitteiston suunnittelu

Ammattikorkeakoulun laboratoriotiloihin sijoitettavien testausympäristöjen suunnittelu on vaativaa eri vaihtoehtojen teknisten ominaisuuksien vertailua, toimitusaikojen tarkastelua ja eri valmistajien laitteiden keskinäisen kommunikoinnin mahdollisuuksien tarkastelua. Haastetta lisää se, että kokonaisuudella tulisi olla tekoälyyn liittyviä ominaisuuksia ainakin jossain määrin kokonaisuuden laajuudesta ja toimintaominaisuuksista riippuen. Laittevalmistajilla on tarjolla erilaisia laitteita ja laitekoonpanoja, muttei täysin valmista ja Suomen oloissa toimivaa kokonaisuutta. Vaihtoehtoisissa voi puuttua muun muassa eri tariffien huomiointi, vaihtoehtot huomioiva energianhallintajärjestelmä, sähköntuotannon ohjaus, kulutuksen ohjaus, eri ajoneuvojen akuston lautauksen ja purun hallinta, katkoton saarekekäyttömahdollisuus ja ennakoiva automaatiikka sekä selkeä käyttöliittymä etäkäyttömahdollisuuksiin.

Näin ollen tavoitteena on rakentaa ominaisuuksiltaan laajempi muunneltava laitteisto, jonka kuormana olisi tyypillisiä pientalon kuormia. Vaihtoehtoisena tavoitteena oli toteuttaa yksivaiheinen nanogrid katkottomalla saarekekäytöllä. Nanogrid laitteistoilla testataan ratkaisujen sähkötekniisiä ominaisuuksia, energiatehokkuutta, sähköenergian varastointia, sähkön tuotantoa, sähkön ostoa ja myyntiä, kulutuksen hallintaa ja ohjausta, saarekekäyttöä sekä eri laitteiden ja kokonaisuuden automaatio- ja ohjausratkaisuja.

Tyypillisesti laitteisto voisi sisältää:

-Sähkötekniinen järjestelmä:

- aurinkopaneelit
- invertteri
- akuston invertteri (mallista riippuen voi sisältyä edelliseen)
- akusto (mitoitettu energiavarasto)
- sähkökeskukset ja kytkentälaitteet
- sähkömittarit (verkonhaltija ja laitteiston)

- kuormat
- ajoneuvojen latauslaitteet
- mahdollinen varavoimakone.

Automaatio- ja ohjausjärjestelmä:

- eri laitteiden I/O rajapinnat tai välylät
- mittauskomponentit
- kommunikointi
- datan tallennus ja käsittely
- ohjauslaitteisto
- (koti)automaatiototeutus
- HMI
- internet yhteys.

Ensimmäisessä vaiheessa testilaitteiston kokoonpanoa suunniteltiin selvittämällä kaupallista tarjontaa, laiteominaisuuksia ja toimitusaikoja. Näiden pohjalta valittiin toteutettava sähköinen liityntä ja kytkentätapa, mitoitetiin laitteen tyypillisen pientalon mukaan ja aloitettiin laitteiden hankintojen kilpailutus.

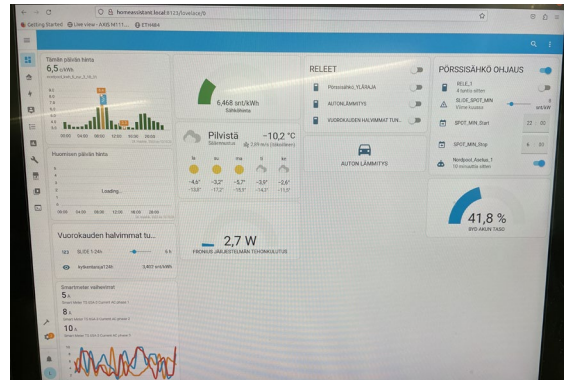
3. Testilaitteiston toteutus



Kuva 1 Nanogrid laitteiston testausta

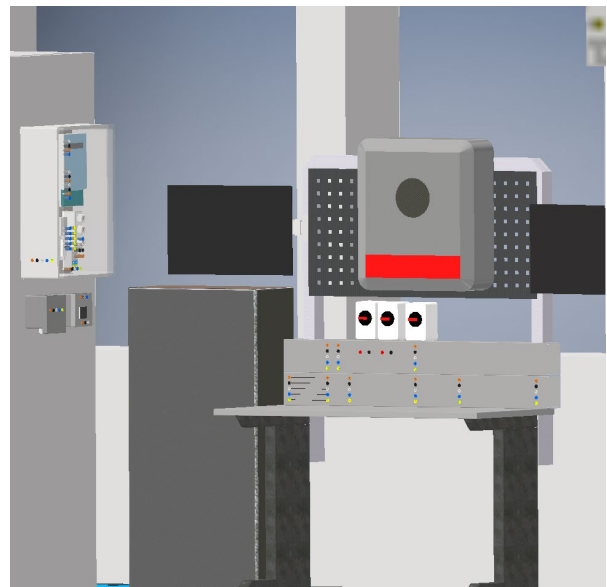
Ensimmäisten hankintojen jälkeen toteutettiin asennus siirrettävään telineeseen, jotta päästään paikallisesti ja etänä tutkimaan ja testaamaan kokoonpanon toimintaa, automaatiota ja invertterin ominaisuuksia. Testiasennuksessa oli asennettuna Fronius invertteri, OhmPilot, smart meter, energiavarasto, tasajännitelähde, pc, Raspberry Pi, homeassistant, VPN internetyhteys sekä laitteiden keskinäiset sähköiset kytkennät ja kommunikointiyhteydet. Kuvassa 1 on

testiasennus, jolla selvitettiin kokoonpanon toiminta ja tarvittavaa ohjelmointia sekä laitteiden välistä kommunikointia. Kuvassa 2 testauksen toimintatilan näkymä.



Kuva 2 Järjestelmän toimintatilan näkymä.

Toimivuus varmentui ja tämän jälkeen kilpailutettiin kaksisuuntainen DC tehollähde, pientalon mittarikeskus ja pääkeskus, kuormien 1- ja 3-vaiheiset kytkentäreleet ja energiamittarit (Shelly), verkkokytkimet ja ajoneuvon latauspiste. Kuvassa 3 on esitetty työpiste, johon sijoitetaan mm. invertteri, DC-tehollähde, näytöt ja kytkentäpisteet DC ja AC järjestelmän kytkennöille ja erillisille mittareille ja mittausanalysaattoreille. Kuvassa vasemmalla on akusto ja seinälle sijoitettu liityntä verkkoon ja mittarikeskus. Oikealle puolelle tulee pääkeskus, josta ryhmälähdöt eri laboratoriossa sijaitseville kuormille, kuten lämpöpumpuille, sähkölämmitykselle, käyttövesivaraajalle, jääkaapille, valaistukselle, liedelle, auton latauspisteelle ja kodin elektroniikalle.



Kuva 3 Nanogrid testausympäristö (havainnekuva)

4. Testilaitteiston tavoitteet

Ensimmäinen tavoite tutustua microgrid laitteistoihin ja niiden ominaisuuksiin on toteutunut laitteiston suunnittelun, selvittelyn, hankintojen ja ensimmäisen testivaiheen aikana. Nanogrid testauslaitteisto saadaan asennetuksi keskuksineen ja kuormineen kevään 2023 aikana. Testaukset päästään aloittamaan kesäkaudella ja niitä jatketaan talvikaudella projektin loppuun saakka. Microgrid verkkoa, siihen liitetyjä laitteita ja niiden sähköisiä ja tietoteknisiä liityntöjä on esitetty kuvassa 4 [2],[3]. Tavoite on testiympäristössä tutkia eri vaihtoehtojen toimivuutta, toimintaominaisuuksia ja esiintyviä ilmiöitä. Tutkimukset tekevät kaksi diplomityön tekijää.

Sähkötekniisiä testauksia ja mittauksia, jota laitteistolla tullaan tekemään ja tallentamaan ovat mm.:

- sähkön osto- ja myyntihinnat
- sähkön tuotanto eri ajanjaksoilla
- sähkön osto eri ajanjaksoilla
- sähkön kulutus
- sähkönkäytön ohjauksen vaikutus
- akuston lataus ja purku eri ajanjaksoilla
- Akkuun varastoidun sähköenergian käyttöajankohdat ja kohteet
- invertterin häviöt
- sähköisen suojauksen toiminta eri kytkentätilanteissa
- sähkönlaatusuureet (jännitteen vaihtelu, kytkentäilmiöt, yliaallot, ...)

Mittauksia tehdään invertterillä ja erillisillä teho- ja energiamittareilla. Osa mittauksista tehdään erillisillä mittaus- ja analysointilaitteilla kuten sähkön laadun tiedonkeruulaite, sähkönlaatuanalysointilaitte ja 8 kanavainen tehoanalysointilaitte. Tulokset perustuvat näihin mittauksiin, mittaustietokantoihin ja niiden analysointiin.

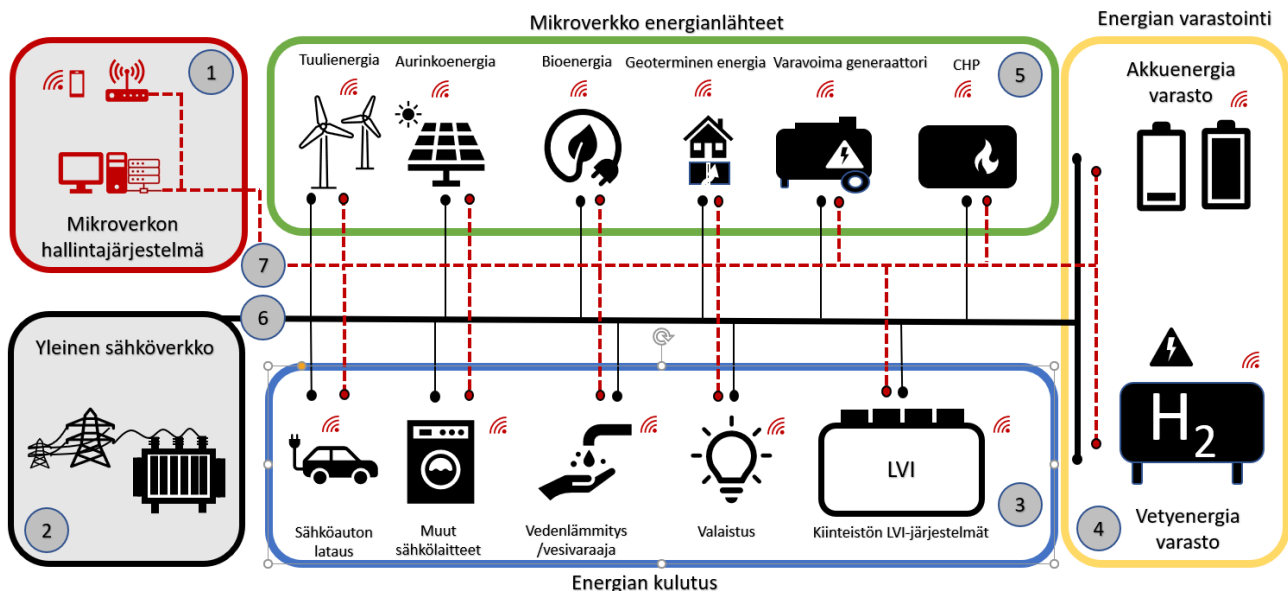
Esimerkkejä automaation, ohjauksen, kommunikoinnin ja tiedonkeruun tutkimisen kohteita ovat:

- tutkia eri tiedonsiirto ja laitekommunikaation vaihtoehtoja pientalo kohteissa
- energian tuotannon, käytön, varastoinnin ja taloudellisen ohjauksen hallintamenetelmät
- microgrid verkon ohjaus- ja hallinta eri käyttötilanteissa
- älykkään microgrid verkon testausympäristön rakentamisen vaihtoehtojen selvitys ja testiympäristön rakentaminen
- rakennetun testausympäristön automaation ja ohjauksen toiminnan testaus ja arviointi.

[1] Energy ECS projekti kotisivut <https://energyecs.eu/>

[2] IEEE Std 2030.7-2017. IEEE Standard for the Specification of Microgrid Controllers. ISBN 978-1-5044-4608-2.

[3] Kukkola M. 2022. Mikroverkon suojaus - Yleiset periaatteet ja toteutus opetusympäristössä, Diplomityö, LUT yliopisto.



Kuva 4 Microgrid järjestelmän toiminnalliset osat, esimerkkejä laitteista sekä sähkötekniiset ja automaation liitynnät [2], [3]