

Kalle Nousiainen

Smart Grid -sähkökeskus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinööriytyö

10.5.2017

Tekijä Otsikko	Kalle Nousiainen Smart Grid -sähkökeskus
Sivumäärä Aika	23 sivua + 4 liitettä 10.5.2017
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori Osmo Massinen
<p>Tämän insinöörityön tarkoituksena oli ideoida omakotitaloon ja kerrostaloihin asennettava Smart Grid -sähkökeskus. Työssä tavoitteena oli tarkastella sähkökeskukseen tarvittavia komponentteja, komponenttien määrittelytietoja ja olemassa olevaan rakenteisiin tarvittavia sovituksia. Työssä tarkasteltiin myös Smart Gridin tämän hetkistä tilannetta ja sen mahdollisia tulevaisuuden näkymiä. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena ei ollut kuitenkaan rakentaa suunniteltua Smart Grid -sähkökeskusta.</p> <p>Työ toteutettiin käsittelemällä Smart Gridin tämän hetkistä tilannetta ja sen mahdollisia tulevaisuuden näkymiä. Nykytilannetta tarkasteltiin tutkimalla vanhoja ja nykyisiä projekteja. Se minkä takia Smart Gridiä kehitetään, otettiin huomioon, niin ympäristön ja talouden näkökulmasta. Keskuksen suunnittelussa lähestyttiin ensin miettimällä mitä osia keskus tarvitsee ja niiden mitoitus.</p> <p>Lopussa voidaan todeta, että Smart Grid on tällä hetkellä yksiä parhaimpia tapoja parantaa sähkökäytön tehokkuutta. Syitä Smart Gridin kehitykselle löytyy talous- ja ympäristöasioissa. Kaikki tarvittava teknologia on olemassa ja konkreettisia kokeiluja, joilla viedä kehitystä eteenpäin.</p>	
Avainsanat	Smart Grid, älykäs sähköverkko, sähkökeskus

Author Title	Kalle Nousiainen Smart Grid Switchboard
Number of Pages Date	23 pages + 4 appendices 10 May 2017
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Program	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor	Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>The goal of this study was to theorize a possible Smart Grid switchboard system for a detached house and an apartment building. This work mostly looks into what components the switchboard needs, specs of the components and what is needed to install the switchboard into preexisting structures. The study also includes a review of the present condition of the whole Smart Grid concept and its possible future. This project doesn't include the actual building of the Smart Grid switchboard, only the design of the switchboard.</p> <p>The study was started by studying the current status of the Smart Grid concept and what future it may have. The present condition was researched by reading about old projects and about projects that are still on-going. The need for Smart Grid was also studied in the environmental and economical sense. The design of the switchboard was started by considering what components the switchboard needs and what specs it needs.</p> <p>It can be concluded that the Smart Grid as a concept is one of the best ways to improve efficient use of electricity. In the environmental and economical sense, there are good reasons to develop the Smart Grid. All the technology already exists and there are already proven tests to further the development.</p>	
Keywords	Smart Grid, Switchboard

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Smart Grid	1
2.1	Smart Gridin periaate	1
2.2	SCADA/DMS	3
2.3	KNX-standardi	3
2.4	Tulevaisuus	4
2.5	Haasteet	5
2.6	Sähkömarkkinalaki	6
3	Smart Grid -projektit	7
3.1	E-Energy	7
3.2	Kalasadama	9
4	Smart Grid -standardit	10
5	Mikrotuotanto	11
	Sähkönlaatu ja irrottaminen	13
6	Sähköhinnan määrittely	14
7	Sähkökeskus	15
7.1	Etäluettava sähkömittari	16
7.2	Ohjelmoitava logiikka	17
7.3	Piirikortti	18
7.4	Invertteri	18
7.5	Akusto	19
7.6	Taajuusmuuntaja	20
8	Keskuskaaviotkaaviot	21
8.1	Kerrostalokiinteistön pääkeskus	21
8.2	Pientalo	22
9	Yhteenveto	22
	Lähteet	24

Liitteet

- Liite 1. Ensto-mittakeskus
- Liite 2. ABB Moottorihjattu kuormakytkin
- Liite 3. Pientalon keskuskaavion periaatekuva
- Liite 4. Kerrostaloliitännän keskuskaavion periaatekuva

Lyhenteet

AMR	Automated Meter Reading, automaattinen mittarinluenta.
CPU	Central Processing Unit, keskusyksikkö.
DMS	Distribution Management System, sähköjakelu ohjelmisto.
ETS	ETS (Engineering Tool Software), KNX järjestelmien on ohjelmointi ohjelma.
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio.
KNX	Kotiautomaatiojärjestelmä.
MS	Metering System, mittarointijärjestelmä.
PLC	Programmable Logic Controller, ohjelmoitava logiikka.
REmap	REmap 2030 sopimuksen mukaan uusiutuvan energian osuus nostetaan nykyisestä, noin 20%:sta yli 40%:n vuoteen 2030 mennessä.
SCADA	Supervisory Control And Data Acquisition, sähköverkon valvomo-ohjelmisto.

1 Johdanto

Työssä tarkastellaan Smart Grid -sähkökeskuksen suunnittelua ja rakennetta. Smart Grid on tällä hetkellä paras jo olemassa oleva työkalu lisätä sähkönsaannin varmistamiseen ja sähkön tehokkaampaan kulutukseen. Työn tarkoituksena on suunnitella ja mitoitaa Smart Grid -sähkökeskus kahteen erilaiseen kohteeseen, joista ensimmäinen on omakotitalo ja toinen kerrostalokiinteistö.

Työhön liittyvät osioista ensimmäinen käsittelee Smart Gridin päällimmäisiä periaatteita, sen nykyistä tilaa, tulevaisuutta ja haasteita joita tulee, kun järjestelmää yritetään sovittaa olemassa oleviin järjestelmiin ja standardeihin.

Smart Gridin nykytilaa käsitellään tällä hetkellä käynnissä olevien Smart Grid -projekteja ja nykyistä sähkön hinnoittelua. Osiossa tarkastellaan eri maiden panostusta ja investointeja Smart Gridin kehittämiseen. Työssä keskitytään myös tarkemmin Smart Gridiin liittyviin olemassa oleviin standardein kuten IEC 61968-9 ja IEC 61580.

Viimeisessä osiossa käsitellään itse Smart Grid -sähkökeskusta. Osiossa mietitään keskuksen toimintoja, tarvittavia osia ja eriteltynä osina ovat omakotitaloon ja kerrostalokiinteistöön tulevat mallit.

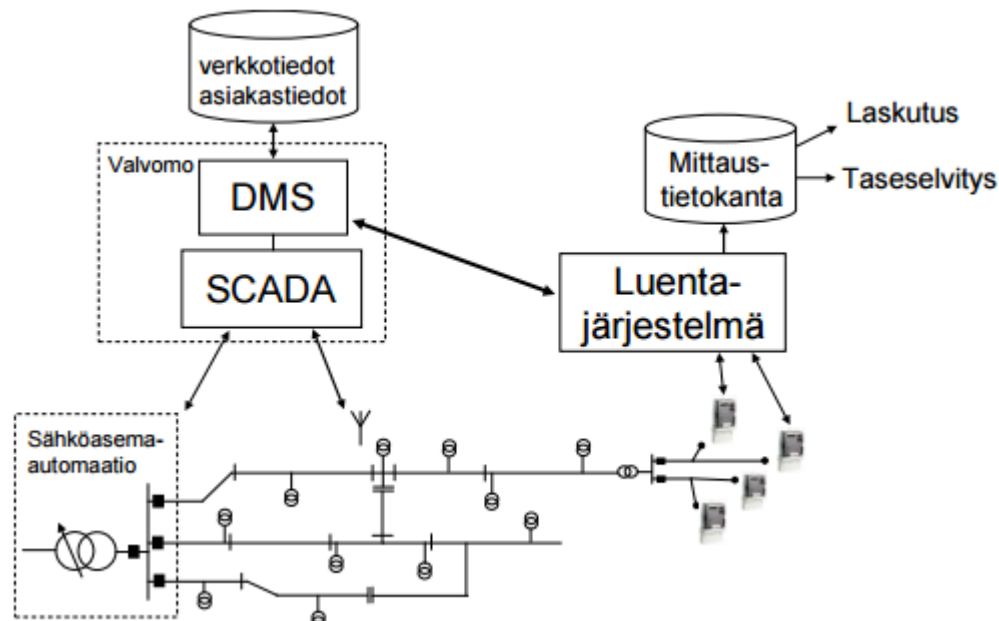
2 Smart Grid

2.1 Smart Gridin periaate

Smart Gridillä tarkoitetaan älykästä verkkoa. Smart Grid on tiedonvälitysjärjestelmä, joka mahdollistaa tiedon välityksen sähköverkon käytöstä sähköntuottajasta, sähkönsiirtäjältä aina sähkönkäyttäjälle saakka. Smart Gridin tärkein ominaisuus on sen kaksisuuntainen tiedonvälitys. Jos kotitaloudessa on sähkön mikrotuotantoa, niin tuotannossa syntyvää ylituotantoa voidaan siirtää myös verkkoon muiden kuluttajien käytettäväksi.

2.2 SCADA/DMS -ohjelmisto

SCADA (*Supervisory Control And Data Acquisition*) ja DMS (*Distribution Management System*) on sähköverkkojen valvomo -ohjelmisto. Ohjelmisto luo valvomoihin graafisen kuvan käyttöliittymän automaatiojärjestelmiin ja tietokannan, johon kerätään sähköverkon mittaustiedot. SCADA/DMS pystyy lukemaan sähköverkossa olevien ohjelmoitavien tietoja ja mittaustuloksia. Ohjelmoinnin ja mittaustuloksien avulla SCADA/DMS voi paikallistaa vikoja ja kontrolloimaan katkaisijoita. Ohjelmoitava logiikka voi toimia itsenäisesti ilman SCADA/DMS:n yhteyttä, mutta ohjelmiston tuoma etu on se, että SCADA/DMS pystyy etänä ohjelmoimaan ohjelmoitavaan logiikkaan uudet työsekvenssin ja muuttaa asetuksia. SCADA/DMS pystyy tekemään itsenäisesti päätöksiä sähköverkon toiminnasta, joka on vähentänyt valvomossa ja huoltomiesten määrää. [14; 15; 16.]



Kuva 2. Laatutietojen tallennus järjestelmiin [1, s. 16.]

2.3 KNX-standardi

KNX on maailmanlaajuisesti käytetty standardi talojen ja rakennusten automaatiossa, jolla voidaan ohjata talon lämmitystä, valaistusta, ilmanvaihtoa, turvajärjestelmiä ja energiankulutusta. KNX:ssä ei yksinään ole lainkaan keskusyksikköä, vaan kaikissa kom-

ponenteissa oma sisäänrakennettu kyky toimia yksin väylässä. Väylä voidaan muodostaa kytkimen ja ohjausreleen välillä, johon lopuksi asennetaan väylään virtalähde. Järjestelmän etu keskusyksikön puute, joten KNX:ää voidaan laajentaa myöhemminkin ilman muitten komponenttien uudelleen mitoittamista.

Tiedonsiirto laiteen ja KNX-komponentin välillä voidaan suorittaa käyttämällä väyläkaapelia, Powerline ratkaisua tai langattomia verkkoja. Väyläkaapeli ratkaisu on tällä hetkellä Suomessa suosituin ratkaisu, siitä huolimatta, että virtajohdon lisäksi joudutaan asentaa oma väyläkaapeli. Powerline eliminoisi erillisen väyläkaapelin asentamisen tarpeen, mutta Powerline komponentit ovat olleet vaikeasti saatavissa Suomessa. Sen sijaan langaton tiedonsiirto tulee todennäköisesti yleistymään tulevaisuudessa. Langattoman järjestelmää tullaan kuitenkin todennäköisemmin käyttämään pienissä ratkaisuisa, koska kaapeliin verrattuna käyttövarmuus ei ole yhtä luotettavaa.

KNX:än ohjelmointi hoidetaan ETS-ohjelmaa (Engineerin Tool Software) käyttäen. Ohjelma on maksullinen ja on ladattavissa KNX Associationin sivuilta. Kommunikointi tietokoneen ja väylän välillä tapahtuu USB-portin kautta. ETS on Drag&Drop tyylillä toimiva ohjelmointi järjestelmä, joten käyttö on suhteellisen yksinkertaista. Vaativimmissa ohjelmointi tapauksissa ohjelmointi kannattaa jättää ammattilaiselle tai kokeneemmalle ohjelmoijalle. [27.]

2.4 Tulevaisuus

Tietotekniikan kehittyessä Smart Grid -järjestelmien rakentaminen tulee olemaan entistä edullisempaa. Mikrotuotantoon tulevat aurinkopaneelit ovat tasaisesti tulleet halvemmiksi ja tehokkaimmiksi. Aurinkopaneelien hyötysuhteen uskotaan nousevan nykyisetä noin 0,11–0,2:sta kohti 0,5:een. Aurinkopaneelien hintojen uskotaan tippuvan seuraavan 2 vuoden aikana 40 %. [1, s. 13.]

Smart Grid on potentiaalinen ratkaisu EU:n ympäristötavoitteiden saavuttamiseen. RE-map 2030 -sopimuksessa pyritään nostamaan uusiutuvan energian tuotantoa nykyisestä 20 %:sta yli 40 %:n vuoteen 2030 mennessä. [1, s. 12.]

Mikrotuotannon lisääntyessä sähkön älykäs käyttö ja jakaminen tulee olemaan entistä tärkeämpää, jotta välttyttäisiin suurelta sähkön hukkakäytöltä ja sähkönlaadun pitämisenä hyvä laatuinen. Mikrotuotanto mahdollistaa myös haja-asutuksille saarekekäytön, jolloin etäiset asutukset saavat varmemman energian saannin ja välttyvät suurilta siirtohäviö maksuilta. Pienet saarekekäytössä olevat yhteisöt voivat siirtää omaa yli jäänyttä sähköään takaisin verkkoon. [1, s. 12; 3.]

2.5 Haasteet

Smart Grid -järjestelmien suurin haaste tulee olemaan sen integrointi jo olemassa oleviin sähköverkon rakenteisiin. Muita teknisiä haasteita on Smart Grid -verkon turvallisuus, joihin kuuluvat automaation aiheuttamat mahdolliset ylilyönnit ja hakkereitten aiheuttaman ilkeilyn estäminen. Teknisenä haasteena on myös saada kaikki muut tuhannet Smart Grid solmukkeet viestimään toistensa kanssa ja tekemään samanlaisia päätöksiä. Tämä vaatii, että Smart Gridiä kehittäessä luodaan mahdollisimman nopeasti kaikkia sitovia standardeja esim. IEC:n kautta, jotta kaikki Smart Grid -laitteistot ovat yhteensopivia toistensa kanssa.

Toinen ongelma ovat sopimusperusteisia asioita. Liittojen ja valtioiden pitäisi saada sovitua Smart Gridiin liittyviä standardeista ja yhteensopivuuksia aisoista, jotta erillisten hallintoalueiden verkot ovat samalla tasolla ja voivat tehdä yhteistyötä. Joitakin valmiita standardeja on jo olemassa esim. IEC 61968-9 ja IEC 61580. Smart Grid tarvitsee myös tulevaisuudessa investointeja sitä tukevaa infrastruktuuria varten. Smart Gridiin kehittämiseen vaadittaviin investointeihin tarvitaan tulevaisuudessa valtioiden ja suurien yhtiöiden rahallista panostusta ja tukea. [1, s. 12.]

Ongelmana on myös laajan yleisön tietämättömyys Smart Gridin olemassaolosta. Kiinnostus ja tietämys Smart Gridistä on aika paljon keskittynyt vain energia-alan keskuudessa. Uusien resurssien saamiseksi pitäisi saada laajempi yleisö näkemään Smart Gridin mahdollinen potentiaali energiankäytön suhteen.

2.6 Sähkömarkkinalaki

Lainsäädännöllinen osio, joka on luonut tarvetta etäluettavien mittareiden ja muitten Smart Grid -toimintojen käyttöönottoon Sähkömarkkinalain lisäys, joka vaatii sähköverkkoyhtiöitä maksamaan korvauksia asiakkailleen sähkökatkon sattuessa. Nykyisessä tilanteessa sähköyhtiöiden etu on kehittää verkkonsa varmuutta, tiedonsiirtoa ja huolto-ryhmien reagointi aikaa, jotta korvauksien aiheuttamilta lisäkuluilta vältyttäisiin. Sähkolinjojen maakaapelointi on myös lisääntynyt uuden lain myötä. [6, s. 1.]

Ennen lain voimaan tuloa kuluttaja saattoi odottaa maksimissaan 700 euron enimmäismääräkorvausta. Nykyään enimmäismäärä vakiokorvaus on 1500 euroa, mutta tulee nousemaan 2000 euroon vuodesta 2018 alkaen.

Laissa on määritetty vaatimuksia jakeluverkonhaltijoille. Vaatimukseen kuuluu, että myrsky tai lumikuorma seurauksena ei saa aiheutua asemakaava-alueen asiakkaalle yli kuuden tunnin sähkönjakelukeskeytystä tai 36 tunnin keskeytystä haja-asutusalueilla. Jakeluverkon haltijoiden on saatava vähintään puolet alueistaan vaatimuksien mukaisiksi vuoteen 2020 mennessä ja täysin valmiiksi vuoden 2028 loppuun mennessä. [6, s. 2; 5, 100§.]

Seuraavassa on suora lainaus sähkömarkkinalain sadannesta pykälästä, jossa on tarkemmin määritetty korvauksien määrät. [5, 100§.]

100 §

Vakiokorvaus sähkönjakelun tai sähköntoimituksen keskeytymisen vuoksi

Vakiokorvauksen määrä loppukäyttäjän vuotuisesta siirtopalvelumaksusta on:

- 1) 10 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 12 tuntia mutta vähemmän kuin 24 tuntia;
- 2) 25 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 24 tuntia mutta vähemmän kuin 72 tuntia;
- 3) 50 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 72 tuntia mutta vähemmän kuin 120 tuntia;

4) 100 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 120 tuntia mutta vähemmän kuin 192 tuntia;

5) 150 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 192 tuntia mutta vähemmän kuin 288 tuntia;

6) 200 prosenttia, kun keskeytysaika on ollut vähintään 288 tuntia.

(Sähkömarkkinalaki, 100§ Vakiokorvaus sähkönjakelun tai sähköntoimituksen keskeytymisen vuoksi)

3 Smart Grid -projektit

3.1 E-Energy

E-Energy -projekti oli Saksan Talous- ja teknologiaministeriön järjestämä projekti, jonka kolmena päätavoitteena oli: Taloudellinen tehokkuus, jakeluvarmuus ja ympäristö säännösten toteutuminen. Projekti kesti neljä vuotta ja käytettiin noin 140 miljoonaa euroa. Projektissa rakennettiin eri puolelle Saksaa mallirakennuksia ja -verkkoja, esimerkiksi Badeniin rakennettiin nollaenergiataloja, Cuxhavenissa lisättiin uusiutuvaa energiaa ja käytettiin vesialtaita energian säilyttämiseen ja Aachenissa lisättiin älykkäiden mittareiden määrää, jakeluun lisättiin optimointialgoritmeja ja kodinkoneita uusittiin tehokkaampiin malleihin. [12, s. 3; 11, s. 3]

E-Energyn motivaation takana on Saksan valtion asettamat ympäristö- ja energiatavoitteiden saavuttaminen vuoteen 2020 mennessä:

- noin 40 %:n vähennys CO2 päästöissä
- noin 25 %:n lisäys uusiutuvaa energiaa
- noin 14 %:n lisäys uusiutuvaa energiaa lämmitys sektorilla
- noin 25 %:n lisäys energian ja lämmön yhteistuotantoon. [7.]

E-DeMa -projektin pääasiallinen ideana oli sähkökuluttajan oman sähkön käytön hallinta ja reaaliaikainen kulutustietojen käyttö sähkönjakeluun. Kokeilu suoritettiin Ruhrin alueella, jonka koettiin olevan monipuolinen läpileikkaus eri rakennuksista ja asumisjärjestelyistä. Kuluttajalle annettiin mahdollisuus seurata omaa sähkön käyttöä ja hallinnoida omia kodinkoneitaan esim. käyttämällä kodinkoneita halvempien tariffien aikana. Kuluttaja voi myös vaihtaa sähkönvälittäjää parissa päivässä, kun ennen vaihtoon meni muutama viikko. Sähkötuottajat pystyivät älykkäistä sähkömittareista saatujen tietojen avulla paremmin välttämään huippukuormia, jotka pienenevät projektin aikana 10 %. [12, s. 22.]

eTelligence -projektissa Cuxhavenin alueella lisättiin uusiutuvan energian käyttöä. Alue sijaitsee merenrannalla, jossa on mahdollista tuottaa suuria määriä tuulivoimaa. Energian säilyttämiseen käytettiin lämpimiä vesialtaita ja kylmähuoneita. Molempien paikkojen lämmitystä ja viilennystä hallinnoitiin älyjärjestelmillä, jotka lämmittivät ja viilensivät tiloja sähkön ollessa halpaa tai silloin kun tilojen lämpötila piti pitää minimirajoissaan. Järjestelmillä pyrittiin parantamaan uusiutuvan energian jakeluvarmuutta ja vahvistaa taloudellista tehokkuutta. Menetelmällä saavutettiin noin 6 %:n säästöt. Uusiutuvan energian lisäyksellä Cuxhavenin alueelta pystyttiin syöttämään sähkö myös muille alueille 1,5 gigawatin verran. [12, s. 21.]

MEREGIO -projekti suoritettiin Badenissa, jossa testattiin noin tuhatta energiatehokasta taloa. Kyseessä oli niin sanottuja ”nollaenergiataloja”, joissa energian tuotanto ja kulutus pysyy samalla tasolla. Talot varustettiin omilla sähkötuotantolaitteilla, akustoilla ja älykkäillä kulutuksenseuranta laitteistoilla. Kuluttaja pystyi omalla tietokoneella tai puhelimella seuraamaan omaa sähkökulutusta ja -tuotantoa. Kuluttajat pystyivät näin välttämään kalliin sähkön käyttämistä ja arvioimaan milloin oli paras aika käyttää omia akustoja. [12, s. 18.]

RegModHarz -projektissa käytettiin uusiutuvia energianlähteitä, älykkäitä järjestelmiä ja energian varastointia. Harzin alueella sijaitsee paljon uusiutuvia energian lähteitä, kuten tuulivoimaa, aurinkoenergiaa ja biokaasua. Kaikki tuotettu ylijäämä käytettiin päivisin lähellä olevan vesivoimalaitoksen vesivarannon täyttämiseen. Kun sähkökulutus nousi yli tuotannon, vesivoimala alkaa tuottaa vesivoimaa vesivarantoon varastoidulla vedellä. Käyttämällä lisäksi vielä älyjärjestelmiä kodinkoneiden käytössä, saavutettiin korkea energia tehokkuus. Harzin alue käyttää noin 800 miljoonaa kWh vuodessa, mutta kyseisten ratkaisujen avulla luvusta on voitu vähentää noin 500 miljoonaa kWh:tä [12, s. 20.]

SmartW@TTS -projekti järjestettiin Aachenissa, jossa SmartW@TTS:in tarkoituksena oli kerätä kuluttajien ja tuottajien sähkökäyttöinformaatiota ja luoda digitaalinen hallintamalli. Hallintamallin avulla markkinoijat saavat reaaliaikaista ja konkreettista tietoa sähkön kulutuksesta ja tuotannosta. Tämän avulla saadaan parempi käsitys sähkön varsinaisesta käytöstä, kuin aikaisemmin on ollut mahdollista, ja mahdollisuus reagoida nopeammin uusiutuvan energian nopeasti vaihtelevaan tuotantoon. [12, s. 23.]

3.2 Kalasatama

Rakenteilla olevassa Helsingin Kalasatamassa ollaan tekemässä kerrostaloihin uusia Smart Grid -ratkaisuja. Kalasataman Smart Grid -projektiin osallistuu mm. Helen, Helen Sähköverkko, ABB ja Fingrid. Tarkoituksena on kokeilla erilaisia ratkaisuja, joista voi tulla uusia suunnannäyttäjiä muille uusille ja vanhoille asuinalueille. Projekti mahdollistaa erilaisten järjestelmien ja ratkaisujen kokeilua paikassa, jossa älykkyys rakennetaan talojen noustessa. Kalastaman valmistuessa alueella arvioidaan tulevan noin 20 000 asukasta ja työpaikkoja 8 000 henkilölle. [18.] [19.]

Kerrostaloja rakentaessa on asuntoihin liitetty *HIMA-etäohjausjärjestelmä*. HIMA -järjestelmään kirjaudutaan sisään internetin kautta, joko tietokoneella tai kännykällä. Ohjelman avulla asunnon asukas voi ohjata etänä laittaa päälle tai sulkea omia sähköä kuluttavia laitteita. HIMA kertoo myös kuluvan vuorokauden tiedot omasta sähkön sekä lämpimän ja kylmän veden kulutuksesta. Ohjelman käyttö ei ole rajoittunut pelkästään uusiin taloihin, vaan voidaan lisätä myös vanhoihin taloihin saneerauksen aikana. Ohjelmassa on nähty myös mahdollisuuksia parempaan vanhustenhoitoon, esimerkiksi jos asunnossa asuva vanhus ei ole käyttänyt kodinlaitteita totuttuun tapaan, voidaan lähettää hoitaja tarkistamaan vanhuksen kunto. [18.] [19.]

Kalasataman asukkaille on annettu mahdollisuus ostaa oma aurinkopaneelin, jonka tuotamalla sähköllä asukas voi hyvittää omaa sähkölaskuaan. Aurinkopaneelin ei välttämättä tarvitse sijaita asunnon välittömässä läheisyydessä, vaan asukkailla on ollut mahdollisuus ostaa oma aurinkopaneeli Suvilahdesta tai valmisteilla olevasta Kivikon aurinkovoimalasta. Projektin tuoman innostuksen takia, kaikki Suvilahden aurinkopaneelit on jo myyty.

Uusiutuvan energian ja sähkösaannin varmistamiseksi, on Kalasataman alle rakennettu Pohjoismaiden suurin sähkövarasto. Varastointi perustuu suuren määrään litiumakkuja, jotka voivat yhdessä varastoida sähköä megawattiluokassa. Selviä näkymiä varastoitavan sähkönkäyttöön on kulutuspiikkien leikkaaminen ja verkon tukeminen häiriötilanteissa. [18.]

4 Smart Grid -standardit

IEC 61968 on keskeneräinen standardi, joka tulee kattamaan ja määrittelemään jakelu- ja järjestelmien hallinnointiin (DMS, Distribution Management Systems) liittyvien osien välisen yhteensopivuuden tietyillä osa-alueilla. Osiin joita tämä standardi hallinnoi kuuluvat esimerkiksi ohjelmien alustat ja ohjelmointikieli. Tällä hetkellä standardin yhdeksäs kappaale on jo valmis, samalla kun standardin muut osat ovat keskeneräisiä.

Mittausjärjestelmien standardeihin liittyen tiedonsiirto ja tiedonkeruu ovat tärkeitä kuluttajan kannalta, jotta kaikki kulutusarvot ja siihen liittyvä laskutus saadaan toimimaan yhtenäisesti. Kyseinen standardi käsittelee viestien informaatioisisällön, joita käytetään mittareiden lukemis- ja ohjaustarkoituksissa. Viesteihin tarvittavan standardointiin kuuluu mittautustietojen lukeminen, mittareiden ohjaus, mittareiden tapahtumalogit ja tietojen synkronointi erillisten laitteiden välillä.

Standardi pyrkii myös määrittelemään mittausjärjestelmien (MS, Metering Systems) toimivuuden manuaalisissa ja automatisoitujen, kaukoluettavien mittarijärjestelmien (AMR, Automated Meter Reading) standardien yhdistämiseksi standardin IEC 61968 muiden osien kanssa. [1, s. 14; 4.]

IEC 61580 on kansainvälinen jakokeskusten tietoliikennestandardi. Standardin tarkoituksena on yhtenäistää eri laitevalmistajien kehittämien älykkäiden-laitteiden järjestelmien kommunikaatioprotokollat standardin omalla protokollalla. Tällä saavutettaisiin parempi yhteensopivuus laitteiden välillä, jolloin laitteiden välinen synkronointi ja integrointi laajempaan verkkoon parantuisivat.

Standardin ottaessa käyttöön jakokeskusten suojaus-, ohjaus-, mittaus-, ja valvontatoimintojen integrointi laajempaan järjestelmään onnistuu nopeammin. Tämä mahdollistaisi jakokeskuksissa nopeasti toimivat suojaussovellukset, lukituksen ja kaukolaukaisun. Kaikki tämä sallisi helppokäyttöisen sähkökeskusten välisen Ethernet -järjestelmän, jolloin valvonta helpottuisi ja takaisi paremman toimintavarmuuden sähköverkossa.

Standardin tarkoituksena ei ole rajoittaa sähkökeskuksiin tulevia ja suunniteltuja funktioita, vaan ainoastaan yhtenäistää kommunikointiin liittyviä ongelmia. Kommunikoinnin ollessa standardoitua voidaan paremmin liittää uusia jakokeskuksia vanhojen tilalle ilman suurempia ongelmia ja välttää laitteiston modifiointia verkkoon sopivaksi ennen liittämistä. [1, s. 15; 4.]

5 Mikrotuotanto

Mikrotuotannon määritelmä

Mikrotuotannossa sähköä tuottava kohde tuottaa sähköä ensisijaisesti omaan käyttöönsä ja oma verkkoon syötetty sähkö on satunnaista tai vähäistä. Järjestelmän ensisijainen periaate ei ole tuottaa sähköä verkkoon, vaan mikrotuottajan omiin valittuihin laitteistoihin. Mikrotuotannon verkkoon liittämisen ideana on päästä eroon ylijäämästä ja hyvittää verkosta otetun sähkön aiheuttamia kuluja. Yleisimpiä mikrotuotanto menetelmiä tällä hetkellä ovat tuulivoima, aurinkovoima ja pienet biokaasulaitokset. [20, s. 3.]

Mikrotuotannon sopimukset

Mikrotuotantolaitoksen omistaja voi liittää laitteensa verkkoon, vaikka laitoksen omista ei ole löytänyt sähkölle ostajaa, mutta ostajan löytäminen on yleensä suositeltavaa. Tuotantolaitoksen omistajan pitää kuitenkin tehdä sopimus verkkoyhtiön kanssa tilanteesta riippumatta. Verkkoyhtiön kanssa tehtävässä sopimuksessa voidaan soveltaa tuotannon verkkopalveluehtoja (TVPE), joissa on määritelty teknisiä ehtoja tuotantolaitokselle ja sen käytölle sekä soveltuvien osien yleisiä verkkopalveluehtoja (VPE). Tällöin tuotannon verkkopalveluehdot (TVPE) on hyvä liittää sopimuksen liitteeksi. On myös mahdollista tehdä suoraan tuotannon verkkopalvelusopimus. Verkonhaltijan kanssa

tehtävässä sopimuksessa voidaan käsitellä siirtomaksuista, laitoksen muutosten ilmoittamisesta, mittausjärjestelyistä, sopimuksen irtisanomisajoista, laitoksen siirtämisestä saarekekäyttöön vikatoiminnan sattuessa ja tuotetun sähkön myynnistä. [2, s. 43; 20, s. 14; s.16–18.]

Mikrotuotannon liittymisrajat

Energiateollisuus on tehnyt suosituksen mikrotuotannon liittämisestä verkkoon, jota käsitellään standardissa SFS-EN 50438. Tekniset vaatimukset kolmivaiheisella liitännällä yleisen pienjänniteverkon kanssa rinnan toimiville mikrogeneraattoreille, joka liittyy verkkoon enintään 3 x 16 A:n sulakkeilla. Maksimiteho voidaan määrittellä noin 11 kW, mutta verkkosuositusta voidaan käyttää myös mikrotuotantolaitoksien liittämässä, joiden nimellisteho on enintään 100 kVA.

Yksivaiheisenliitännän tuotanto aiheuttaa verkkoon epätasapainoa ja vaarantaa verkon turvallisuuden. Tästä syystä yksivaiheisen mikrotuotannon maksimisulakekooksi on rajattu 16 A. Toinen rajoite yksivaiheiselle tuotantolaitokselle on maksimiteho, joka on noin 3,7 kVA. Laitoksen nimellisteho riippuu laitoksen ominaisuuksista, jotka laitoksen valmistaja on merkannut.

Mikrotuotantolaitos voidaan liittää verkkoon liittymissopimuksessa määriteltujen tehojen mukaisesti. Sopimuksessa käytetään aina standardin SFS-EN 50160 määrittämiä rajoituksia. Standardin ja sopimuksen ehtoina liittymiselle ovat, että tuotantolaitoksen käynnistyminen tai verkosta pois putoaminen ei aiheuta yli 4 %:n jännitteen muutosta eikä käynnistysvirta saa ylittää liittymissopimuksen maksimitehon mukaista virran huipparvoa.

Oikosulkutehon määrittämiseen pienvoimaloissa käytetään Senerin ohjetta (2001). Pienvoimalaitosten oikosulkutehoa laskettaessa käytetään kaavaa $S_k \geq 25 \cdot I_{suhde} \cdot S_n$. Täytyy pitää kuitenkin mielessä, että Senerin ohje käsittää kaikki pienvoimalat, eikä se välttämättä sovellu mikrotuotannon käsittelyyn. [20, s.3-4.]

Sähkönlaatu ja irrottaminen

Mikrotuotantolaitos joka on rinnan verkon kanssa, ei saa aiheuttaa häiriötä verkkoon tai muihin sähköasennuksiin. Jos mikrotuotantolaitos aiheuttaa häiriötä sähköverkkoon, verkkoyhtiö voi puuttua tilanteeseen ja pahimmassa tilanteessa poistaa mikrotuotantolaitoksen kokonaan pois verkosta.

Rajat on määritetty standardissa SFS-EN 50438 ja esitetty selkeämmin taulukossa 1. Vaatimuksissa on määritetty, että laitteiston on pysyttävä vähintään 30 minuuttia taajuusalueilla 47,5-49,0 Hz ja 51,0-51,5 Hz. Vaatimukseen kuuluu vielä lisäksi, että laitteiston pystyttävä jatkamaan toimintaansa taajuuden suurimman muutosnopeuden ollessa alle 2 Hz/s. Harmoninen kokonaishäiriö liittämiskohdassa saa olla maksimissaan 8 %. [20, s. 6.]

Taulukko 1. Tuotantolaitoksen suojausten asettelu arvot [3, s. 10.]

Parametri	Toiminta-aika	Asettelu arvo
Ylijännite	0,2 s	$U_n + 10 \%$
Alijännite	0,2 s	$U_n - 15 \%$
Ylitaajuus	0,2 s	51,5 Hz
Alitaajuus	0,2 s	47,7 Hz
Saarekekäytönestosuojaus (LoM)*	enintään 5 s	

*Saarekekäytönestosuojaukset (LoM) on perustuttava tunnettuun tekniikkaan, joka soveltuu jakeluverkon suojaukseen

Mikrotuotantolaitoksen erottaminen verkosta pitää mahdollistaa sopivilla mekaanisilla kontaktoreilla tai elektronisilla kytkimillä. Jos elektroninen kytkin ei toimikaan, niin mikrotuotantolaitoksen pitää lakata tuottamasta sähköä tai irrottautua verkosta jollain muulla tavalla. Elektroninen kytkin määrittellä mikrotuotantolaitoksen valmistajan määrittämän ylijänniteluokituksen mukaan ja vuotovirroissa auki kytkentä ei saa olla enempää kuin 0,1 mA riippumatta terminaalijännitteestä. Verkonhaltijan erotuslaite voi olla verkossa ennen liittämiskohtaa oleva kytkin. Kytkin voi olla esimerkiksi pylväsvarokeytkin ilmajoh-

toverkossa tai kaapelijakokaapissa oleva jonovarokeytkin. Verkonhaltijakytkimen asennus voidaan laskuttaa mikrotuottajalta, jos kyseistä kytkintä ei ole verkossa olemassa tai mikrotuottaja ei ole asentanut asianmukaista erotinta omaan laitokseensa. [20, s. 5-7.]

6 Sähköhinnan määrittely

Tuntimittauksiin kykenevien etäluettavien mittauslaitteistojen asentamiseen alettiin siirtä vuonna 2009 ja niiden käyttöönotossa ollaan vieläkin siirtymä vaiheessa. Etäluettavien mittareiden selviä etuja tuottajalle ja kuluttajalle tuovat selviä etuja kustannustehokkuuteen, ohjelmistojen päivitettävyyteen, turvallisuuteen ja jännitekuoppien huomioonottamiseen. Jakeluverkoille tehtyjen kyselyiden perusteella 1.1.2014 tultiin tulokseen, että tuntimittauksien ulkopuolelle jäi vain noin 3 % kaikista käyttöpaikoista.

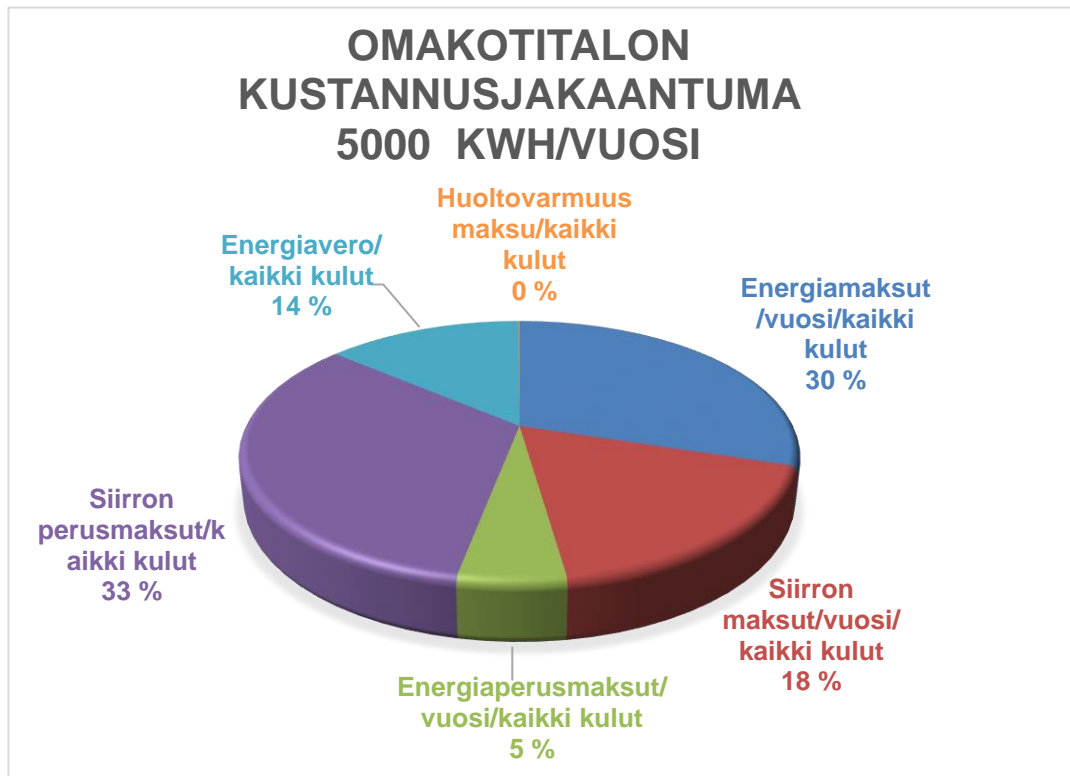
Verkkopalvelujen hinta määräytyy sähkön siirto hinnasta, arvolisä- ja sähköveroista. Verkonhaltijalle syntyy lisäkuluja siirtohäviöistä ja verkon teknisten osien ylläpidosta. Siirtomaksuihin on myös liitetty sähköverkon huolto, kehittäminen ja asiakaspalvelu. Sähkön siirtomaksu määräytyy alueen verkonhaltijan mukaisesti, joten kyseistä osa-aluea ei pysty kilpailuttamaan. Sähkön siirtohinnoittelussa käytetään pistehinnoittelua eli tasa-hintaperiaatetta, joka tarkoittaa kuluttajalle sitä, että kuluttajan sijainti siirtoverkkoyhtiön alueella ei vaikuta siirtohintojen suuruuteen.

Energiamaksuissa hinta muodostuu sähkön myyntihinnasta, joka sisältää tukkumarkkinahinnan sekä myyntikustannukset. Energiamaksun hinta on sähkön myyjän määrittämä, jonka kuluttaja voi kilpailuttaa vapaasti. Mikrotuotannon tuottamasta sähköstä verkkoyhtiölle hyvitetään kiinteistön perusmaksuja.

Mikrotuotannon kohdalla talous voi syöttää ylijäämäsähkönsä verkkoon. Syöttämällä omatuottamaa sähköä verkkoon, voi mikrotuottaja hyvittää tuotannollaan sähkön perusmaksuja. Jotkin energiayhtiöt voivat pudottaa kokonaan energiaperusmaksut, jos taloudesta löytyy tarpeeksi omaa mikrotuotantoa.

Kuvan 3 ympyrädiagrammista näkee keskiverto-omakotitalon energiakustannuksien jakaantumisen. Pelkät energian- ja siirronperusmaksut kattavat hiukan yli yksikolmasosaa

omakotitalouden energiakustannuksista. Mikrotuotanto voi vähentää energiaperusmaksuja tuotetullaan energiallaan. Siirronperusmaksussa omatuotanto auttaa ainoastaan, jos talous pystyy irrottamaan itsensä verkosta. [17.]



Kuva 3. Omakotitalon kustannusjakaantuma 5000 kWh/vuosi [4.]

7 Sähkökeskus

Sähkökeskuksesta yleisesti

Sähkökeskus toimii taloudessa sähköjärjestelmien haaroittajana, jossa verkosta tuleva sähkö jaetaan kiinteistössä pienempiin osiin. Tässä työssä käytetään esimerkkinä Ensto Oy:n EHN355-18_B -sähkökeskusta [Liite 1].

7.1 Etäluettava sähkömittari

Tällä hetkellä Smart Grid näkyy kotitalouksissa etäluettava sähkömittari. Uusi mittarijärjestelmä mahdollistaa kuluttajalle paremman käsityksen omasta sähkönkäytöstä tunti-pohjaisesti. Sähköntuottaja voi seurata sähkönkulutusta alueittain, havaita etänä katkoja ja huomata sähkönkulutuksen trendejä esim. mihin aikaan sähkönkulutus on korkeimmillaan ja alemmillaan arkena ja juhlapyhinä. [2, s. 24; 7; 17.]

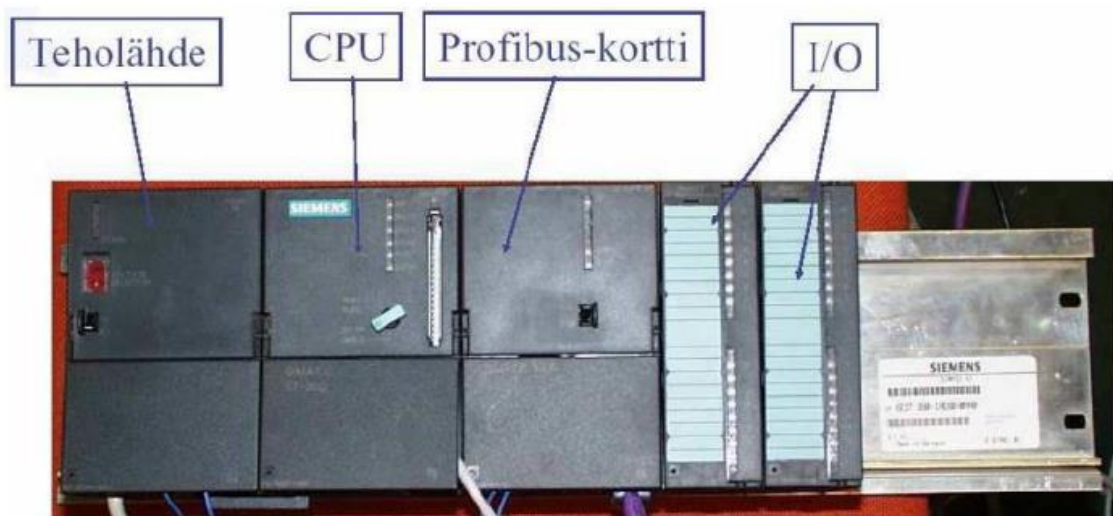
Suomessa astui voimaan 1.3.2009 Valtioneuvoston asetus sähkötoimituksen selvityksestä ja mittauksesta. Asetuksen mukaan vuoteen 2013 mennessä vähintään 80 % verkkoyhtiöiden asiakkaista tulee olla tuntimittauksen ja etäluennan alaisuudessa.

Asetuksen muihin vaatimuksiin kuuluu myös seuraavat seikat:

- Sähkönkulutuksen mittauksen tulee perustua tuntimittaukseen.
- Mittaustiedot on luettava vähintään kerran vuorokaudessa.
- Mittarin tulee rekisteröidä yli 3 minuutin jännitteettömän ajan alkamis- ja päättymisajankohta.
- Sähköyhtiö on velvoitettu tarjoamaan mittaustiedot asiakkaille, samanaikaisesti kun ne luovutetaan sähköyhtiölle. Mittaustiedot tarjotaan verkkopalveluissa, jonne kirjaututaan omilla käyttäjätunnuksilla.
- Mittaustieto tulee tallentaa tietokantaan, jossa mittaustieto pitää säilyttää vähintään kuusi vuotta ja jännitteetöntä aikaa koskeva tieto vähintään kaksi vuotta.
- Mittauslaitteiston tulee kyetä vastaanottamaan ja panemaan täytäntöön tai välittämään eteenpäin viestintäverkon kautta lähetettäviä kuormanohjauskomentoja.
- Mittaustietoa käsittelevän tietojärjestelmän tulee olla asianmukaisesti varmistettu.

7.2 Ohjelmoitava logiikka

Ohjelmoitava logiikka eli PLC on pieni yksinkertainen tietokone, jota käytetään laitteiden ja muiden koneiden automatisoituun hallintaan. Logiikkaan liitetyt kytkimet, koskettimet ja anturit välittävät tietoja laitteiden toimintatiloista ja prosessien mitta-arvoista. Näiden tietojen perustella logiikkaohjelma ohjaa mm. releitä, merkkilamppuja, magneettiventtiileitä ja moottoreita. Suunniteltu Smart Grid -sähkökeskus käyttäisi hallinnoitinsa mahdollisesti ohjelmoitava logiikkaa.



Kuva 4. PLC:n peruskokoonpano [5, s. 6.]

Ohjelmoinnin lähtökohtana on ohjattavan kohteen toiminnasta laadittu toimintakaavio tai kirjoitettu selvitys halutusta toiminnasta. Näitten tietojen ja suuntien avulla ohjelmoija luo ohjelmoitavalle logiikalle logiikkakaaviot, relekaaviot tai toimintadiagrammit, joiden avulla varsinainen ohjelma ohjelmointilaitteen avulla logiikalle kirjoitetaan.

Virtalähde voi olla itse logiikassa tai olla ulkoinen. Ulkoisena lähteenä voi tyypillisesti toimia jännitteellä 230 VAC tai 24 VDC. CPU eli Central Processin Unit -ohjelmat ladataan keskusyksikölle ja niiden suoritus tapahtuu siellä. Logiikka rakentuu jännitelähdeyksiköistä, prosessiyksiköistä ja sovelluksen mukaan erilaisista IO-yksiköistä

Ohjelmoitavan logiikan käyttö asuintaloissa luo mahdollisuuden käyttäjälle hallinnoida sähkökäyttöään passiivisesti. Jos sähkönkulutus käy liian suureksi, niin logiikka voi pudottaa joitakin laitteita pois käytöstä hetkittäisesti. Logiikkaa voisi esimerkiksi pudottaa

saunankiukaan pois käytöstä hetkellisesti ilman, että kukaan huomaa. Ohjelmoitavat loogikat ovat yleistä ja tuttua teknologiaa, joten ohjelmointiin ja suunnitteluun löytyy valmiiksi osaavia ammattilaisia. [8; 10, s. 3.]

7.3 Piirikortti

Piirikortti on elektronisissa laitteissa levy, joka yhdistää komponentit toisiinsa ilman erillisiä johtimia ja toimii samalla komponenttien kiinnitys alustana. Yleisin piirilevyn valmistus materiaali on lasikuituvahvisteinen muovilevy, johon uriin on kiinnitetty kuparifoliota epoksiliimalla. Levyn porataan komponenteille reiät ja komponentit kiinnitetään lopullisesti vielä juottamalla ne folioon.

Smart Grid -sähkökeskuksessa piirikortteja käytettäisiin mahdollisesti ohjelmoitavan loogikan rinnalla. Piirikorttien pääasiallinen tehtävä olisi sähköisten arvojen mittaaminen. Mitattujen arvojen pohjalta ohjelmoitava logiikka tekisi sähkönhallintaan liittyvät päätökset. [9; 10.]

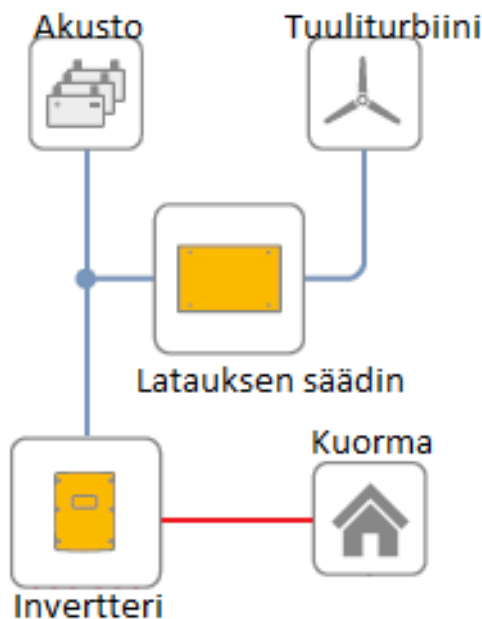
7.4 Invertteri

Invertteri eli vaihtosuuntaaja sähkölaite, joka muuntaa tasavirran vaihtovirraksi. Aurinkokennot tuottavat pelkästään tasavirtaa. Yleisesti melkein kaikissa talouksissa pistokeista tuleva virta tulee vaihtovirtana, joten aurinkopaneelien, akustojen ja lataussäätimen taakse ennen kuormaa tarvitaan invertteri. Toinen tapa tämän kiertämiseen on tehdä talosta tasavirralla toimiva, mutta kyseinen suunnitelma olisi potentiaalinen ainoastaan, jos pyrittäisiin saarekekäyttöön. [26.]

Omakotitalo ratkaisussa mahdollisesti käytettäisiin SAM:in Sunny Island 3.0/4.0M -invertteriä. [26.]

7.5 Akusto

Omavaraisuuden takaamiseksi tilanteessa, jossa kotitalous haluaa käyttää omatuottamaa energiaa, pitää hankkia akusto. Akusto mahdollistaa sähkönkäytön silloinkin, kun oma tuotanto ei vastaa kulutusta. Toinen mahdollisuus akustolle on verkon sähkön talteen ottaminen, kun sähkö on halpaa ja käyttää akkuja kalliin sähkön aikaan.



Kuva 5. Asuintalon sähköverkon syöttäminen [6, s. 5.]

Akusto voidaan suurissa rakennuksissa asentaa erilliseen akkutilaan. Akkutilan rakentamiseen kuuluu kuitenkin joitakin vaatimuksia. Akut voidaan sijoittaa omaan tilaansa tai varana akuille oma erotettu paikka muusta sähkötilasta. Akustot pitää asentaa tilaan, jossa on mahdollisuus tilan lukitsemiseen. Tällä estetään asiattomien henkilöiden pääsy tilaan, mutta tilasta ulos pääsy pois pitää olla mahdollinen. Tilan lukitsemisella pyritään estämään akkuihin kohdistuvaa ilkivaltaa ja suojata tietämättömiä käsittelemästä akkuja. Tila pitää selkeästi merkitä varoituskylteillä, jotka kertovat kyseessä olevan akkutila. Akut on pyrittävä suojaamaan ympäristön aiheuttamilta vaaroilta, kuten lämpötilalta, kosteudelta ja ilmansaasteilta. Lisäksi on huomioitava suojaus akun aiheuttamilta vaaroilta, joita voivat olla suurjännite, räjähdysvaara, elektrolyytin aiheuttamat vaarat ja korrosio. [23.]

Toinen mahdollinen ratkaisu on Teslan suunnittelema Powerwall -järjestelmä. Powerwallin etuna on sen kompaktius ja, se on vartta vasten suunniteltu varastoimaan ja ottamaan talteen sähköä käyttäen verkosta tulevaa virtaa tai uusiutuvaa energiaa käyttäen. Powerwallissa on integroituna valmiiksi invertteri, nestejäähdytys, logiikka ja nestejäähdytys, joten asennus suhteellisen suoraviivainen. [24.] Järjestelmä on kuitenkin saanut osakseen kritiikkiä sen tehottomuudesta ja kustannustehokkuudesta. Ensimmäisessä mallissa ulosotto on noin 2 kW ja se varastoi noin 10 kWh tehoa, joka ei ole tarpeeksi yhden talouden sähköntarpeiden tyydyttämiseksi. Esimerkkinä voidaan sanoa, että Powerwall voi pyörittää yhtä pyykkikonetta, mutta ei pysty samaan aikaan pyörittämään muita talon laitteita. Kapasiteetin lisäämiseksi pitää hankkia lisää Powerwalleja rinnalle. Suomessa Powerwallin ensimmäinen versio maksaa noin 4000 euroa. Siitä huolimatta, että talon laitteistoon olisi liitetty aurinkopaneelit lataamaan Powerwallia, ei (c) Enegian laskelmien mukaan pystytä saavuttamaan tilannetta, jossa Powerwall maksaisi itsensä takaisin. Taulukossa 7 voi nähdä (c) Enegian laskelmat Powerwallin kannattavuudesta. [25.]

Taulukko 2. Laskelma Powerwall- akun kannattavuudesta erilaisilla käyttötavoilla (c) Enegia [7.]

Vertailu Powerwall-akun kannattavuudesta eri tilanteissa © Enegia				
		Spot-hinta	Spot + aikatariffi	Aurinkopaneeli, ylituotanto
Investointi	€	4000	4000	4000
Hintaero	€/MWh	21	31	109
Oston kokonaishinta	€/MWh	109	109	45
Hyötysuhde		92 %	92 %	92 %
Kapasiteetti	kWh	10	10	10
Hyöty ilman investointia	€/vuodessa	41,76	76,80	178,08
ROI				
Ilman kuoletusta		1,0 %	1,9 %	4,5 %

7.6 Taajuusmuuntaja

Taajuusmuuntajat ovat sähkölaitteita, jotka asennetaan kahden erillisen sähköverkon välille ohjaamaan jännitteen taajuutta, amplitudia ja muuttamaan DC-jännite AC-jännitteeksi tai toisin päin. Nykyään taajuusmuuttajien yleisesti sähkömoottoreiden ja generaattoreiden nopeuden ohjauksessa, mutta taajuusmuuttajien käyttö on yleistymässä

sähköverkoissa ja leviää edelleen uusiutuvan energian tuotantoon. Taajuusmuuttaja voidaan pääasiallisesti jakaa neljään osaan: tasasuuntaajaan, välipiiriin, vaihtosuuntaajaan ja niitä hallinnoivaan ohjelmoitavaan logiikkaan. [22, s. 11.]

Kotitalous ei yleisesti tarvitse taajuusmuuntajia, mutta jos kotitalous haluaa asentaa käyttöönsä uusiutuvia energialäheteitä, on taajuusmuuntajan hankkiminen lähes pakollinen. Taajuusmuuntaja auttaa pitämään sähkönlaadun tasaisena, joka on ehdoton sähkölaitteita käyttäessä, akustoja ladatessa ja ylijäämä sähköä verkkoon syöttäessä. Jos verkkoon syötettävä sähkö ei vastaa jakelijan kanssa tehdyssä sopimuksessa, voidaan tuotanto katkaista pois verkosta.

Taajuusmuuntajan asennuksessa verkon ja taajuusmuuntajan väliin tulee asentaa SFS-EN 60204-1 -standardin mukainen käsikäyttöinen pääkytkin. Pääkytkin erottaa taajuusmuuntaja ja syötettävän laitteen, muttei itse syöttöä verkosta. Tästä syystä pitää asentaa jakokeskukseen pääkytkin, joka erottaa syötön verkosta. [22, s. 41.]

8 Keskuskaaviotkaaviot

Esimerkki keskuskaaviot ovat kuvattuna lopussa olevissa liitteissä 3 ja 4. Esimerkki-kaavioissa on esitetty kolmannessa liitteessä kerrostalokiinteistön sähköpääkeskus ja neljännessä liitteessä on esitelty pientalon sähkökeskus.

8.1 Kerrostalokiinteistön pääkeskus

Kerrostalossa ohjaus on keskittynyt ainoastaan kiinteistössä olevien kerrostalojen nousujohtojen liitynnän ohjaamiseen, kiinteistön verkkoliitynnän ja kerrostalojen omatuotannon ohjaamiseen. Omatuotantoa on tarkoitus käyttää tasoittamaan sähkön huippukulutuksen aiheuttamia hinnannousuja.

Ohjauksesta vastaavat erillisessä omassa keskuksessaan olevat IN- ja OUT-PLC -yksiköt. Logiikat ohjaavat sähköverkkoon kiinnitettyä kiinteistön nousujohto, jossa on moottoriohjattu kuormakytin. Moottoriohjattu kuormakytin antaa PLC:lle mahdollisuuden vaihdella verkosta tulevan ja omatuotannosta tulevan sähkön välillä.

Moottoriohjattua kytkintä on myös mahdollista ohjata käsin tai tietokoneella. Tietokone antaa verkkoyhtiölle tarvittaessa mahdollisuuden ohjata omatuotannon syöttöä, jos verkkoon alkaa tulla huonolaatuista sähköä.

8.2 Pientalo

Pientalon ohjauksessa käytetään paljon samoja periaatteita kuin kerrostalokiinteistöissä. Ohjauksen tarkoitus on ohjata omantuotannon ja sähköverkon käyttöä. Pientalossa on kuitenkin muita mahdollisuuksia hallinnoida kiinteistön sähkönkäyttö pienemässä mittakaavassa.

Pientalossa ohjausta on laajennettu kiinteiden laitteiden ohjaukseen esim. kiukaaseen, lämmitykseen ja lämminvesivaraajaan. Ohjattaviin laitteisiin on lisätty relekytkin ohjattavaksi osaksi. Ohjattavaksi valitut laitteet on poimittu niitten suhteellisen passiivisuuden perusteella. Laitteiden syöttö voidaan huippukulutusilanteessa katkaista, jolloin vältetään suurilta sähkölaskuilta. Katkaisuaika on kuitenkin hyvin lyhyt, joten mitään huomattavaa haittaa ei aiheudu.

Ohjauksen avulla pientalon sähkökustannukset pysyvät pieninä ja häiriötilanteista selviytyminen ja välttäminen on nopeampaa.

9 Yhteenveto

Insinööriyön tarkoituksena oli selvittää Smart Grid -sähkökeskuksen toimivuutta ja käyttömahdollisuuksia. Insinööriyötä tehdessä kävi vain selvemäksi, että tarvittava kaikki teknologia Smart Grid -keskuksen luomiseen on olemassa ja siitä on suoritettu kokeiluja. On hyvin todennäköistä, että vanhoihin ja uusiin talouksiin tullaan lisäämään

älykkäitä järjestelmiä. Joihinkin uusiin taloihin on jo lisätty aurinkopaneeleita, mikä tekee älyjärjestelmien käytön lähes pakolliseksi, mutta talouksissa ja kiinteistöissä, joissa ei ole omatuotantoa, voivat hyötyä Smart Gridistä. Kyseiset voivat Smart Grid- järjestelmien avulla lisäksi tunnistaa ongelmia nopeammin, säädellä sähkönkäyttöä ja säästää rahaa.

Työn loppuun saatiin tehtyä myös toimintakaavio mahdollisesta Smart Grid- keskuksista. Insinööriyössä keskityttiin enimmäkseen Smart Gridin ideoihin, toteutukseen vaatimuksiin ja siihen, mihin mahdolliseen suuntaan Smart Grid on menossa. Olisin itse toivonut, että jokin aihealueeseen kiinnostunut ja perehtynyt yhtiö olisi osallistunut projektiin. Yhteistyössä olevan yhtiön avustuksella opinnäytetyö olisi sisältänyt mahdollisesti ohi menneitä aiheita ja kokonaisuutena todennäköisemmin voitu viedä pidemmälle, tai kokeilemaan ideoitua keskusta käytännössä.

Lähteet

- 1) Hölttä, Jani, Ilonen, Lari, Kakko, Juho, & Paju, Juuso. Metropolia. 2016. Inno-vaatioprojekti. PJ-verkko osana Smart Grid -toimintoja. Helsinki: Luettu 19.10.2016.
- 2) Sarvaranta, Anni. Älykkäät sähköverkot ja niiden kehitys Euroopan unionissa ja Suomessa. Energiateollisuus. 2010. Verkkodokumentti. http://energia.fi/fi-les/665/Alykkaat_sahkoverkot_Suomessa_ja_Euroopassa.pdf. Luettu 19.10.2016.
- 3) REmap – IRENA´s Roadmap for a renewable Energy Future. 2016. Verkkosivu. IRENA. <http://www.irena.org/remap/>. Luettu 20.10.2016.
- 4) Core IEC Standards. IEC. Verkkosivu. <http://www.iec.ch/smartgrid/standards/>. Luettu 11.11.2016.
- 5) Sähkömarkkinalaki. Finlex. 2013. Verkkosivu. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130588>. Luettu 24.11.2016.
- 6) Massinen, Osmo. Sähkönjakeluverkon suunnittelu: uusi sähkömarkkinalaki. 2013. Luentomoniste. Luettu 3.4.2017.
- 7) Etäluettava sähkömittari. Wikipedia. Verkkosivu. https://fi.wikipedia.org/wiki/Et%C3%A4luettava_s%C3%A4hk%C3%B6mittari. Luettu 24.11.2016.
- 8) Ohjelmoitava logiikka. Wikipedia. Verkkosivu. https://fi.wikipedia.org/wiki/Ohjelmoitava_logiikka, Luettu 29.11.2016.
- 9) Printed circuit board. Wikipedia. Verkkosivu. https://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board, Luettu 29.11.2016.
- 10) Heikkinen, Tuomo. Metropolia. Ohjelmoitavat logiikat luento1.pdf. 2015. Luentomoniste. Luettu 29.11.2016.

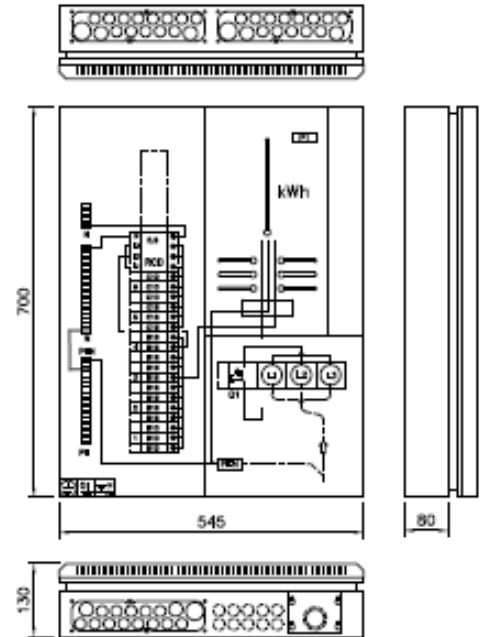
- 11) Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments. JRC. 2011. Verkkodokumentti. https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/ses/files/documents/smart_grid_projects_in_europe.pdf, Luettu 8.12.2016.
- 12) Reinhardt, Andreas & Steiner Lutz. E-Energy German Smart Grid Projects Overview. EPRI. 2010. Verkkodokumentti. http://smartgrid.epri.com/doc/05_E-Energy%20German%20Smart%20Grid%20Projects.pdf, Luettu 8.12.2016.
- 13) E-Energy publikation. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. 2012. Verkkodokumentti. <http://www.bmwi.de/English/Redaktion/Pdf/e-energy-publication,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=en,rwb=true.pdf>, Luettu 8.12.2016.
- 14) SCADA. Wikipedia. Verkkosivu. <https://fi.wikipedia.org/wiki/SCADA>, Luettu 9.12.2016.
- 15) SCADA Applications in Power Systems. Edgefx. Verkkosivu. <https://www.edgefx.in/scada-applications-in-power-system/>, Luettu 9.12.2016.
- 16) Distribution management system. Wikipedia. Verkkosivu. https://en.wikipedia.org/wiki/Distribution_management_system. Luettu 9.12.2016.
- 17) Energia mittaus. Sähköverkkoekstra. Verkkosivu. <http://www.sahkoverkkoekstra.fi/asiakkuus/energian-mittaus-0>. Luettu 9.12.2016.
- 18) Haanpää, Susanna. Älykäs sähköverkko Kalasatamassa. Helen. 2015. Verkkosivu. <http://arjessa.helen.fi/sahko/2015/09/alykas-sahkoverkko-kalasatamassa/>, Luettu 13.12.2016.
- 19) ABB and partners to build smart grid in Helsinki. 2010. ABB. Verkkosivu. <http://www.abb.ch/cawp/seitp202/8266dd72fef0f194c12577340018e5d7.aspx?ga=1.24087098.1448288824.1481624044>. Luettu 13.12.2016.
- 20) Mikrotuotannon liittäminen verkostosuositus lopullinen päivitetty. Sähköverkko ekstra. 2015. mikrotuotannon_liittaminen_verkostosuositus_lopullinen_päivitetty_20160427.pdf. Energiateollisuus. Verkkodokumentti. Luettu 15.12.2016.

- 21) Sähkönlaatu, Urakoitsijapäivät. 2015. Verkkodokumentti. Caruna Oy. Helsinki: Luettu 3.1.2017.
- 22) Tuominen, Olli-Erkki. Taajuusmuuttaja-moottoriyhdistelmien tutkiminen ABB ACS800-taajuusmuuttajia käyttäen. 2010. Verkkodokumentti. Theseus. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/10943/Tuominen_Olli.pdf?sequence=1. Vaasa: Luettu 5.1.2017.
- 23) Axén, Antti. Akustojen ja akkutilojen määräysten mukaisuus. 2012. Verkkodokumentti. Theseus. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/46436/Axen_Antti.pdf?sequence=1. Tampere: Luettu 11.1.2017.
- 24) Tesla Powerwall. Verkkosivu. Tesla. https://www.tesla.com/fi_FI/powerwall. Luettu 11.1.2017.
- 25) Laskelma: Tesla Powerwall ei maksa itseään investointina takaisin kotitaloudelle. Uutismaailma. Verkkosivu. 2016. <http://uutismaailma.com/laskelma-tesla-powerwall-ei-maksa-itseaan-investointina-takaisin-kotitaloudelle/>, Luettu 17.1.2017.
- 26) Sunny Island 3.0M/4.4M. SMA. Verkkosivu <http://www.sma.de/en/products/battery-inverters/sunny-island-30m-44m.html#Downloads-229880>. Luettu 19.1.2017.
- 27) KNX Kotiautomaation lyhyt oppimäärä. 2015. Verkkosivu. Luovasähkö. <http://luovasahko.fi/knx-kotiautomaation-lyhyt-oppimaara/>. Luettu 23.1.2017.

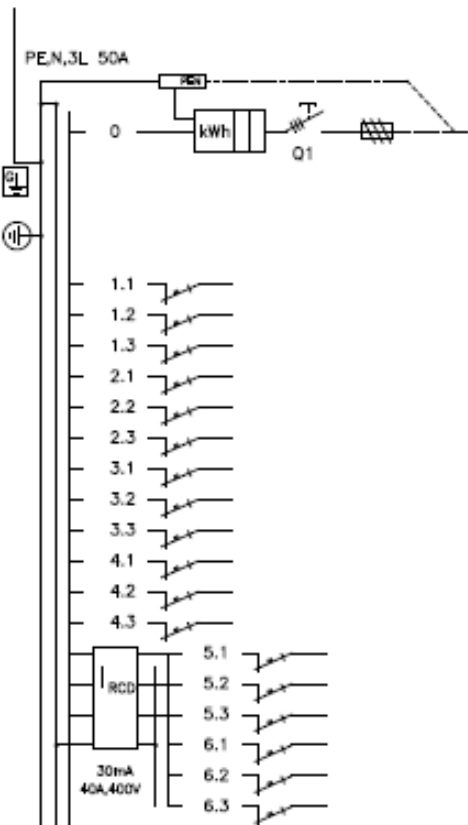
Kuvat ja taulukot:

- 1) Smart Grid projects in Europe: lessons learned and current developments. JRC. Verkkodokumentti. 2011. https://ses.jrc.ec.europa.eu/sites/tes/files/documents/smart_grid_projects_in_europe.pdf, Luettu 8.12.2016
- 2) Tuntimittaus suositus. tuntimittausuusitus_paiv_20161012.pdf, Kuva 3. Laatatietojen tallennus järjestelmiin. Tampereen teknillinen yliopisto, Sähköenergiatekniikanlaitos. Luettu: 9.12.2016
- 3) mikrotuotannon_liittaminen_verkostosuositus_lopullinen_paivitetty_20160427, Taulukko 5.1. Tuotantolaitoksen suojauksen asetteluarvot, U_n on nimellisjännite. Luettu 15.12.2016
- 4) Omakotitalon kustannusjakaantuma 5000 kWh/vuosi, hinta 2042017.excel, Osmo Massinen. Luettu 5.4.2017
- 5) Heikkinen, Tuomo. PLC:n peruskokoonpano. Ohjelmoitavat logiikat luento1.pdf. Luentomoniste. Luettu 29.11.2016
- 6) Jäntti, Toni, Nousiainen, Kalle & Poikkeus, Niklas. 2016. Metropolia. Asuin talon sähköverkon syöttäminen. Innovaatioprojekti: Tuuliturbiini kilpailu. Luettu 10.1.2017
- 7) Laskelma: Tesla Powerwall ei maksa itseään investointina takaisin kotitaloudelle. Uutismaailma. <http://uutismaailma.com/laskelma-tesla-power-wall-ei-maksa-itseaan-investointina-takaisin-kotaloudelle/>, Laskelma Powerwall- akun kannattavuudesta erilaisilla käyttötavoilla (c) Enegia, Luettu 17.1.2017

Keskukseen mitoitussarvat EN 61 439-1 ja EN 61 439-3	Tyyppi	EHNv 355.18
	SSTL nro	33 003 10
	EAN nro	64 186 77 673 870
	Nimellisvirta I_{rn}	50 A
	Nimellispännö $U_n (=U_1)$	400 V
	Koteloluokka	IP 20 C
	Liityntäteho	kW
	Massa	16 kg
	I_{nc} Nimellisvirta-piirrit	...25 A max.
	I_{cw} Oksasulkukestoisuus	< 10 kA 1s
	Nimel- linen tasoitus kerros	2...3 varoketta/vaihe: 0,8 4...5 varoketta/vaihe: 0,7 6...9 varoketta/vaihe: 0,6 >10 varoketta/vaihe: 0,5
	Nimellitaajuus:	50 Hz
	Suojajous sähkösuojalta:	Suojajouluokka I
	Maadoitusjärjestelmä:	TN- järjestelmä
	Ympäristö:	Normaalit, kohdan 7.1 mukaiset
EMC-ikätyöympäristö:	A ja B	



Suunnittelija
PÄÄKÄÄVIÖ + KOKONPÄÄNÖKIVÄ
MITTAUSKESKUS MIK

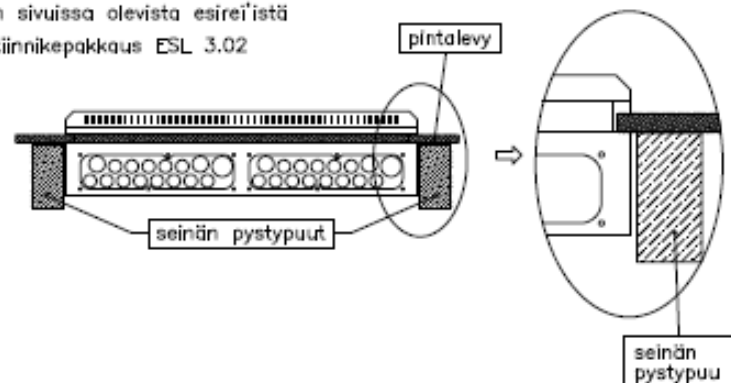
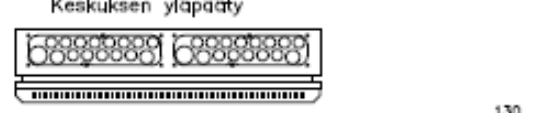
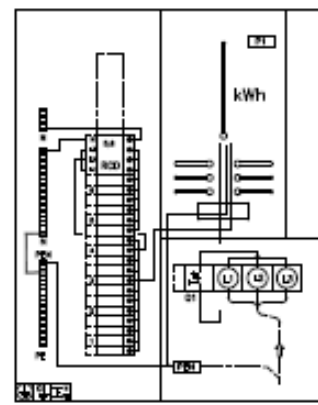

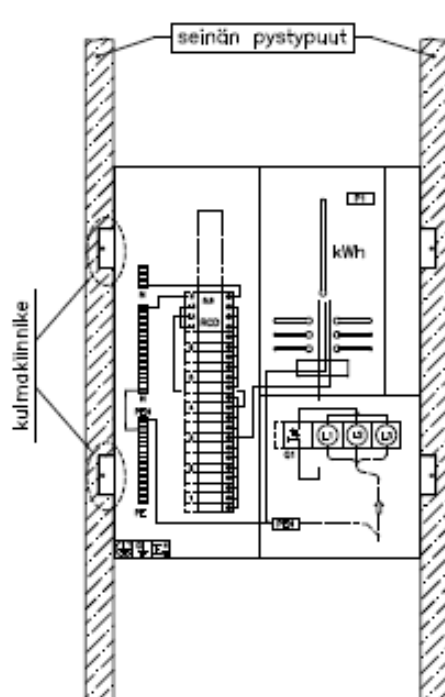
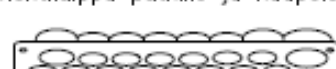
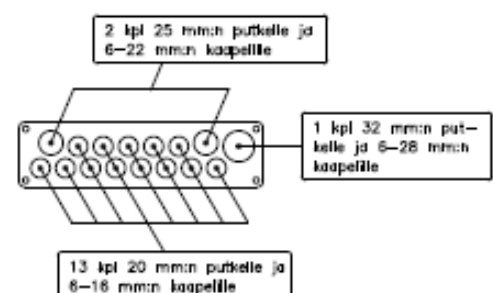


Kaavio	Nimitys	A/A	Laji	mm ²
	Liityntäjohto	max. Al50 tai Cu35	/63	
L1		B10		
L2		B10		
L3		B10		
L1		B16		
L2		B16		
L3		B16		
L1		B16		
L2		B16		
L3		B16		
L1		B16		
L2		B16		
L3		B16		
L1		C16		
L2		C16		
L3		C16		
L1		C10		
L2		C10		
L3		C10		

lvm. 28.04.2014
Wuorno
TAM JMS
Koski
EHNv355-18_LB

ENSTO
ENSTO FINLAND OY
Insinööritie 1, 00100 HELSINKI
puh. 0204 78 21 fax 0204 78 3461

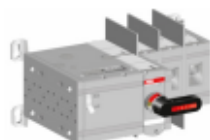
Mittausnumero
Pituuksienmittaus
Latti
1
Latti
2

<p>Rakennusvaihe</p> <p>Rakennusvaihe: 1001 ja 1002</p>	<p>Keskuksen asennustavat:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Pinta-asennus, keskus kiinnitetään seinälle kotelon pohjassa olevista rei'istä 2. Uppoasennus, upotussyvyys noin 80 mm <ul style="list-style-type: none"> - keskus kiinnitetään pystypuihin kotelon sivuissa olevista esirei'istä - lisätarvikkeena saatavana myös kulmakiinnikepakkaus ESL 3.02 <p>Jos käytetään putketonta uppoasennusta, varmistetaan kaapelien vedonpoisto kiinnittämällä ne esim. TC-kiinnikkeillä keskuksen ulkopuolelta lähelle laippaa</p> 	
<p>Rakennusvaihe</p> <p>ASENNUSOHJE</p> <p>Rakennusvaihe: ENN- MITTAUSKESKUS</p>	<p>Keskuksen rakenne:</p> <p>Keskuksen yläpääty</p>   <p>Keskuksen alapääty</p>  <p>Pienet esirei'ät, keskuksen kiinnitys pystypuihin</p>	<p>Uppoasennus kulmakiinnikkeillä:</p> <p>Keskuksen mukana toimitetaan kulmakiinnikkeet, joiden avulla keskus voidaan kiinnittää suoraan edestä pystypuihin</p>  <ul style="list-style-type: none"> - kulmakiinnikkeet kiinnitetään keskuksen runkoon pakkauksen mukana tulevilla peltiruuveilla - keskuskotelon sivuissa on esirei'ät peltiruuveille
<p>Mittaus</p> <p>28.04.2014</p> <p>TMI JMA</p> <p>ENNSTO FINLAND OY</p> <p>Laatiminen / Suoritus</p> <p>ENH355-18_B</p>	<p>Keskuksen läpivientilaippa putkille ja kaapeleille:</p> <p>kaapelin läpivientilaippa</p>  <ul style="list-style-type: none"> - laipassa on paikka 13 kpl 20 mm:n putkelle, 2 kpl 25 mm:n putkelle ja 1 kpl 32 mm:n putkelle - laippaan voi liittää kovan muoviputken, alumiiniputken (JAP) ja myös taipuisan muoviputken, taipuisa muoviputki pitää kiinnittää laipan läheltä esim. seinärakenteeseen kiinni pysymisen varmistamiseksi - laipan putkitus- / kaapelilaukot on kalvotilvite, joka esipuhkaistaan esim. ruuvimeisselillä (ei puukolla) ja työnnetään kaapeli / johtimet sen läpi 	<p>Laipan putkitus-/kaapelilaukot:</p>  <ul style="list-style-type: none"> 2 kpl 25 mm:n putkelle ja 6-22 mm:n kaapelille 1 kpl 32 mm:n putkelle ja 6-28 mm:n kaapelille 13 kpl 20 mm:n putkelle ja 6-16 mm:n kaapelille
<p>Rakennusvaihe</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>Mittaus</p> <p>2</p> <p>2</p>	<p>Mittaus</p> <p>2</p> <p>2</p>

Tilaustiedot

Moottoriohjatut kuormankytkimet

OTM160...250_WM_
907220



Moottoriohjatut kuormankytkimet levennetyllä vaihevälillä, OTM

Toimitukseen sisältyvät väännin käsiohjausta varten, liitinpultit mutterien ja aluslevyjen kanssa, ohjauspiirin urosliittimet sekä vääntimen pidike ja varasulakkeet. Lajimerkit moottorijännitteelle $U_n = 220...240$ VAC tai VAC/DC, katso taulukko alla.

Nimellisvirta AC-22A/AC-23A ≤ 690 V [A]	Jännite U_n 220...240V	Napojen luku- määrä	Lajimerkki	Snro	Lajimerkki sisältää [kpl]	Paino/ kpl [kg]
160/160	AC/DC	2	OTM160E2WM230V	36 015 11	1	4.3
160/160	AC	3	OTM160E3WM230C	36 381 64	1	4.7
160/160	AC	4	OTM160E4WM230C	36 381 65	1	5.1
200/200	AC/DC	2	OTM200E2WM230V	36 015 12	1	4.3
200/200	AC	3	OTM200E3WM230C	36 381 66	1	4.7
200/200	AC	4	OTM200E4WM230C	36 381 67	1	5.1
250/250	AC/DC	2	OTM250E2WM230V	36 015 13	1	4.3
250/250	AC	3	OTM250E3WM230C	36 381 68	1	4.7
250/250	AC	4	OTM250E4WM230C	36 381 69	1	5.1

Toimitukseen sisältyvät vääntimet ja liitinpultit

Sopii kytkimiin	Väännin + akseli -pakkaus	Liitinpultit
OTM160...250	OTV250EMK	M8x25

A muutos		D muutos																													
B muutos		E muutos																													
C muutos		F muutos																													
S	R	P	O	N	M	L	K	J	H	G	F	E	D	C	B	A															
																KESKUS															
																RHYMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.									
<p>VERKONLITANNAN JA OMATUOTANNON OHLAUS ERILLISESSÄ AUTOMAATIOKESKUKSESSÄ</p> <p>PLC OHLAUS / IN</p> <p>PLC OHLAUS / OUT VERKONLITANNAN JA OMATUOTANNON OHLAUS ERILLISESSÄ AUTOMAATIOKESKUKSESSÄ</p>																															
<p>Esimerkkiohje Opinnytely</p>																															
nimi, <small>viik. viikkonum.</small> part. tark.		kokonaisuus lehti 2 / 2		SÄHKÖ		sarjakoite 101																									

Kesäkuu 1988

22.12.87

22.3.2017

A muutos		D muutos	
B muutos		E muutos	
C muutos		F muutos	
S			
R			
P			
O			
N			
M			
L			
K			
J			
H			
G			
F			
E			
D			
C			
B			
A			

11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																
KESKUS																	RHYMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.																			
TALON LIITINTÄJOHTO / kWh-MITTAUS																				AKMK 4x35		25/63																				
MOOTTOROITU KUORMAKYTKIN																																										
0.2s (Un+10%/Un-15%)																																										
ABB OTW50E4MW230C																																										
LÄMMITYS																				MMU 5x2,5S		C32																				
KIUSA																				MMU 5x2,5S		C32																				
LIESI																				MMU 5x2,5S		C32																				
LÄMMINVESIVARAAJA																				MMU 5x2,5S		C32																				
PISTORASIA																				MMU 3x2,5S		C16																				
PISTORASIA																				MMU 3x2,5S		C16																				
PISTORASIA																				MMU 3x2,5S		C16																				
PISTORASIA																				MMU 3x2,5S		C16																				

EsimerkkikAACIO Opinnoyetyö		Siuna Kalle Yöndalinen?	Kokonaisuus	Sähköpostio	Työnumero
		Siirt. Pöytä	Lehti / 2	Piirustusanumero	
		Tark.	SAH		

